

**Family list**

**3** family members for: **JP6337884**

Derived from 2 applications

[Back to JI](#)

**1 DEVICE FOR EVALUATING WORKING ENVIRONMENT**

**Inventor:** DOI MIWAKO; FUKUI MIYOSHI; (+4) **Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

**EC:** **IPC:** G06F17/50; G01D21/00; G06Q50/00 (+7)

**Publication info:** JP3310086B2 B2 - 2002-07-29

**JP6337884 A** - 1994-12-06

**2 System and method for evaluating a workspace represented by a three-dimensional model**

**Inventor:** DOI MIWAKO (JP); FUKUI MIKA (JP); **Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)  
(+2)

**EC:** G06F17/50C; G06T7/20 **IPC:** G06F17/50; G06T7/20; G06F17/50 (+3)

**Publication info:** US5590268 A - 1996-12-31

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## DEVICE FOR EVALUATING WORKING ENVIRONMENT

Publication number: JP6337884

Publication date: 1994-12-06

Inventor: DOI MIWAKO; FUKUI MIYOSHI; FUKUSHIMA INEKO;  
KATO NOBUKO; MATSUDA KEIGO; HARASHIMA  
TAKAHIRO

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- international: G06F17/50; G01D21/00; G06Q50/00; G06T15/70;  
G06F17/50; G01D21/00; G06Q50/00; G06T15/70;  
(IPC1-7): G06F15/21; G06F15/60

- European:

Application number: JP19930349303 19931228

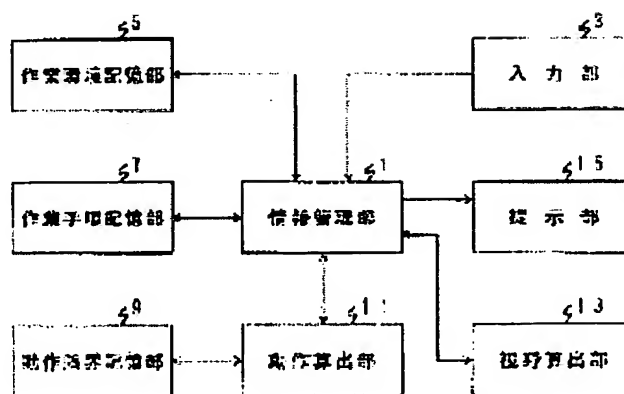
Priority number(s): JP19930349303 19931228; JP19930074716 19930331

Report a data error here

### Abstract of JP6337884

**PURPOSE:** To provide a working environment evaluating device capable of quantitatively evaluating a working environment by properly applying a condition relating to a worker and the working environment.

**CONSTITUTION:** This working environment evaluating device is characteristically provided with an input means 3 for inputting a condition relating to a worker and a working environment, plural condition storing means 5, 7, 9 for respectively storing conditions inputted by the means 3, the procedure input means 3 for inputting working procedure in the working environment, the procedure storing means 7 for storing the procedure inputted by the means 3, operation calculating means 1, 13 for calculating worker's operation based upon the conditions stored in the means 5, 9, and an indicating means 15 for indicating the working condition for the worker's operation calculated by the means 11, 13.



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-337884

(43)Date of publication of application : 06.12.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/21

G06F 15/60

(21)Application number : 05-349303

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 28.12.1993

(72)Inventor : DOI MIWAKO  
FUKUI MIYOSHI  
FUKUSHIMA INEKO  
KATO NOBUKO  
MATSUDA KEIGO  
HARASHIMA TAKAHIRO

(30)Priority

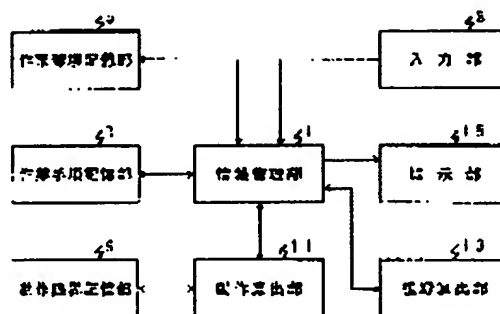
Priority number : 05 74716    Priority date : 31.03.1993    Priority country : JP

## (54) DEVICE FOR EVALUATING WORKING ENVIRONMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a working environment evaluating device capable of quantitatively evaluating a working environment by properly applying a condition relating to a worker and the working environment.

CONSTITUTION: This working environment evaluating device is characteristically provided with an input means 3 for inputting a condition relating to a worker and a working environment, plural condition storing means 5, 7, 9 for respectively storing conditions inputted by the means 3, the procedure input means 3 for inputting working procedure in the working environment, the procedure storing means 7 for storing the procedure inputted by the means 3, operation calculating means 1, 13 for calculating worker's operation based upon the conditions stored in the means 5, 9, and an indicating means 15 for indicating the working condition for the worker's operation calculated by the means 11, 13.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]	3310086
[Date of registration]	24.05.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 3 3 7 8 8 4

(43) 公開日 平成6年(1994)12月6日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所  
G 0 6 F 15/21 Z 8724-5 L  
15/60 4 0 0 K 7623-5 L

審査請求 未請求 請求項の数 8

F D

(全 3 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-349303

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(31) 優先権主張番号 特願平5-74716

(32) 優先日 平5(1993)3月31日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 土井 美和子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 福井 美佳

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 福島 委甲子

神奈川県川崎市幸区堀川町580番1号 株式  
会社東芝半導体システム技術センター内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

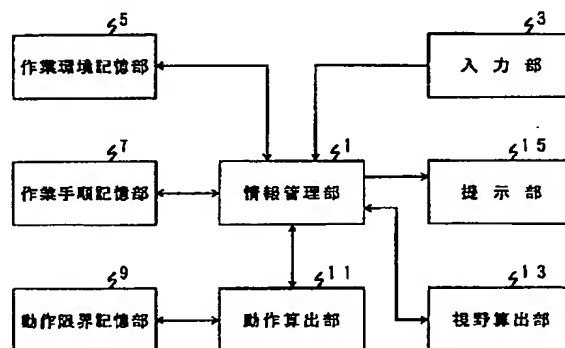
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業環境評価装置

(57) 【要約】

【目的】 作業者及び作業環境に係る条件を適切に与えることにより作業環境を定量的に評価することのできる作業環境評価装置を提供すること。

【構成】 本発明に係る作業環境評価装置は、作業者及び作業環境に係る条件を入力するための入力手段3と、この入力手段3により入力された条件を記憶する条件記憶手段5、7、9と、当該作業環境における作業手順を入力するための手順入力手段3と、この手順入力手段3により入力された手順を記憶する手順記憶手段7と、この手順記憶手段7に記憶された作業手順と条件記憶手段5、9に記憶された条件に基づいて作業者の動作を算出する動作算出手段11、13と、この動作算出手段11、13で算出された作業者の動作に関して作業環境を提示する提示手段15とを有することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 作業者及び作業環境に係る条件を入力するための入力手段と、  
この入力手段により入力された条件を記憶する条件記憶手段と、  
当該作業環境における作業手順を入力するための手順入力手段と、  
この手順入力手段により入力された手順を記憶する手順記憶手段と、  
この手順記憶手段に記憶された作業手順と条件記憶手段に記憶された条件に基づいて作業者の動作を算出する動作算出手段と、  
この動作算出手段で算出された作業者の動作に関して作業環境を提示する提示手段とを有することを特徴とする作業環境評価装置。

【請求項2】 作業者及び作業環境に係る条件を入力するための入力手段と、  
この入力手段により入力された条件を記憶する条件記憶手段と、  
当該作業環境における作業手順を入力するための手順入力手段と、  
この手順入力手段により入力された手順を記憶する手順記憶手段と、  
この手順記憶手段に記憶された手順と条件記憶手段に記憶された条件に基づいて作業者の視野と干渉対象との干渉チェックを行う干渉判定手段と、  
この干渉判定手段により条件記憶手段に記憶される干渉対象ごとに判定された干渉回数を計数する干渉計数手段と、  
この干渉計数手段により計数された結果を提示する提示手段とを有することを特徴とする作業環境評価装置。

【請求項3】 作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、  
前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、  
前記作業環境において前記仮想被験者が操作する1つの物体または操作する複数の物体およびその順序を指示するための指示手段と、  
前記仮想被験者が前記指示手段で指示された物体を操作することができるかを判断する操作可能性判断手段とを具備したことを特徴とする作業環境評価装置。

【請求項4】 前記提示手段は、前記条件記憶手段に記憶された仮想被験者の可到達範囲を提示するとともに、  
前記操作可能性判断手段は、可到達範囲に前記指示手段から指示された物体が含まれるか否かを判断する包含判断手段を有し、該包含判断手段を用いて該判断を実行す

ることを特徴とする請求項3に記載の作業環境評価装置。

【請求項5】 前記条件記憶手段は、操作対象となる物体に対して操作可能範囲を記憶し、  
前記提示手段は前記操作可能範囲を提示し、  
前記操作可能性判断手段は、前記包含判断手段を用いて、前記指示手段から指示された物体の操作可能範囲が前記可到達範囲に含まれているか否かを判断することを特徴とする請求項4に記載の作業環境評価装置。

10 【請求項6】 作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、  
前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、  
前記作業環境における1つの作業または複数の作業およびその順序を指示するための作業指示手段と、  
20 前記作業指示手段により指示された作業に従って、前記仮想被験者の動作を生成する動作生成手段と、  
前記動作生成手段により生成された動作の種別毎の頻度および継続時間を計測する動作計測手段と、  
前記動作の種別毎の頻度および継続時間に応じた疲労度データを記憶する疲労度データ記憶手段と、  
前記動作計測手段により計測された動作および前記疲労度データ記憶手段に記憶された疲労度データに基づいて、前記仮想被験者の疲労度を算出する疲労度算出手段とを具備したことを特徴とする作業環境評価装置。

30 【請求項7】 前記動作生成手段は、前記疲労度算出手段により算出された疲労度に応じて生成する動作を変更するための疲労度反映手段を有し、この疲労度反映手段を用いて該疲労度を反映させて動作生成を実行するとともに、  
前記提示手段は、該疲労度を反映して生成された動作を提示することを特徴とする請求項6に記載の作業環境評価装置。

40 【請求項8】 作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、  
前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、  
前記作業環境において前記仮想被験者が操作する1つの物体または複数の物体とその操作順序を指示するための指示手段と、  
50 前記条件手段に存在する単一または複数の仮想被験者の個々の視点での視野をそれぞれ表示するための被験者視

野表示手段と、  
前記被験者視野表示手段にどの被験者の視野を表示させるかを指示するための視野指示手段とを具備したことを特徴とする作業環境評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、3次元モデル等を用いて表現された作業環境の評価を行う作業環境評価装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、発電所や工場の監視や制御を行う監視室、ワードプロセッサなどを多用するオフィス、CTスキャナなどの医用機器の操作室、あるいはエレベータやエスカレータなどの公共の場所に設置される移動物体などの設計は、デザイナーが机や椅子、什器などを配置した室内の様子を種々の視点から描いたスケッチ画をもとに行っていた。

【0003】その際のチェックポイントとしては、監視・制御室では、操作員が監視卓に座ったとき、監視卓に遮られることなく壁の大スクリーンを見ることができるか、居住感はどうなるかなどがある。また、医用機器の操作室でのチェックポイントとしては、操作員が患者の様子を見ながら操作できるか、医者が撮像内容を操作員の操作を邪魔せずに見ることができるかなどがある。

【0004】デザイナーは、これらのチェックポイントを考慮しながら、スケッチ画を描くことになる。しかし、操作員や監視員等の作業員の身長が違う場合など（特に医用機器の操作では男性だけでなく女性も操作することから、150cmの身長から180cmを越える身長まで対応しなければならない）に対処するには、任意の視点から見る必要がある。しかしながら、スケッチ画によるチェックではこのような任意の視点からのチェックを行うことはほとんど不可能であった。

【0005】また、移動物体などの設計の場合にも、従来のスケッチ画による検討では、エレベータの行き先階のボタンを子供でも、大人でも、あるいは車椅子使用者にも問題なく押すことができるか、あるいはエレベータのある位置まで、門から車椅子使用者の障害になるような段差はないかなどをチェックすることはできなかった。さらに、エスカレータに子供だけが乗っているときに下から確認できるかどうかについても、スケッチによる方法ではチェックできなかった。あるいは、下りのエスカレータに車椅子使用者が乗った時に、通常に比べて傾斜が急になる程度はどのくらいか、それがどのような恐怖感を与えるかなどを確認することも、従来のスケッチ画では検討できなかった。

【0006】これ以外にも、例えば、子供や車椅子使用者の立場で、エレベータなどの行き先階表示は見えるのか、混んだエレベータや電車などで子供や背の低い乗客はどのような不便さ（他人の背中や長い髪の毛に顔が押

しつけられるなど）を忍んでいるのかなど、スケッチ画では容易に確認できないが、設計上検討することが重要な項目が多々ある。

【0007】このようなスケッチ画による設計チェックの問題点を改良するために、近年コンピュータ・グラフィックスによる設計チェックが行われるようになってきた。コンピュータ・グラフィックスによる設計チェックではスケッチ画のかわりにCADなどを使い入力した監視卓や机、椅子などの3次元モデルを3次元空間に配置する。コンピュータ・グラフィックスでは3次元空間を任意の視点から透視投影図として見るができる。この点を利用して任意の視点から設計のチェックを行うことができる。さらにデータグローブのように指の形状と手の3次元位置を指示できるデバイスを用いて、コンピュータ・グラフィックスで作られた3次元空間に配置された物体の位置を変更するなどの仮想現実感（VR-Virtual Reality）技術の応用も検討されている。

【0008】このような仮想現実感による配置変更では、例えば任意の位置に監視卓や机を移動できるが、移動して得られた代替案がどのような点で他の案に対して優れているの明確でなかった。絵として表示された透視投影図を見て定性的にそれぞれの案を比較評価するしかなかった。

【0009】また、実際に1/10スケールのモックアップを作成し、CCDカメラにより、モックアップの中を撮像し、実際にどのように見えるかを検証する方法もとられている。しかし、このような方法では、任意に視点の移動が行えず、また、模型であるため、大スクリーンに表示される図面などは紙に出力した物で模擬したりするために、視認性評価を行えなかった。このため、コンピュータ画面に関しては、別途画面評価のシミュレーションをコンピュータ上に作成し、評価することが行われていた。このように、コンピュータ画面での作業と実際の作業環境とは切り離された評価されていた。

【0010】一方作業の評価などは人間工学（Human Factors あるいはErgonomics）の分野で、現場に出向き、作業者を観察し、作業者の動き方を動線として記録し、分析する方法がある。このような方法ではある作業者に特定した動作は解析できる。しかし、同じ作業を身長の違いの低い作業者が行った場合、監視卓が邪魔になって大スクリーンを見るために立ったり座ったりする回数が増えることになるといった身長など身体計測値に起因する動作の違いまで予測することはできなかった。さらにこれから設計する作業環境に対しては、このような分析手法は実際の作業環境が存在していないために、適用することができなかった。また、実寸の作業環境を作って実験する実寸シミュレーションも一部で行われているが、種々の身体計測値の被験者を集めて実験せねばならないため、非常に経費がかかった。このため、大規模な設計では実施しても、キッチンの設計など小規模の設計では実

施されることがほとんどなかった。また、医用機器の操作環境では、医師が多忙であることから実寸シミュレーションへの参加によって意見或いは提案をもらうことも難しかった。あるいは、車椅子使用者や子供などに、実寸シミュレーションを加わって、意見をもらうことも難しかった。

【0011】また、人間工学の分野では非常に熟練した操作者がキーを打鍵する場合の所要時間を予測するキーストローク・レベル・モデル(Card, S.K., Moran, T. P., and Newell, A. (1980), "The keystroke-level model for user performance time with interactive systems," Communications of the ACM, 23, pp. 396-410)や、テキストの編集を行うときのユーザの行動を予測するモデルとしてGOMSモデル(Card, S.K., Moran, T. P., and Newell, A. (1983ZZ), "The Psychology of Human Computer Interaction," Hillsdale, NJ: Erlbaum)がある。

【0012】これらは、コンピュータに向かって行う作業の一部に関する非常に限定されたモデルや評価方法である。作業環境の配置に関する代替案を比較評価するには、コンピュータに向かって行う作業だけでなく、コンピュータの脇で行う書類処理作業や、身体の移動を伴う作業など、作業環境全体での評価モデル、評価手法が必要である。従って、従来のモデルや評価方法では、作業環境の配置に関する代替案を評価する事はできなかった。

【0013】また、コンピュータ画面のどのような点に注目して作業を行っているかをアイマークレコーダのようなデバイスを使って、物理的な視点移動を記録し、解析したり、あるいは使用後に生理的な疲労をフリッカテストなどにより、計測する方法などが用いられている。このように折角収集された疲労データは、実験データにとどまり、実際の設計の評価データとして再利用されることはほとんどなかった。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のスケッチ画やコンピュータ・グラフィックス、仮想現実感の技術では、作業環境の配置代替案を定量的に評価できなかった。また、実際に作業するときに生じる不都合、不快感などを評価することもできなかった。

【0015】また、人間工学の分野で使われているモデルは、コンピュータに向かって行う作業に限定されていた。コンピュータに向かって行う作業だけではなく、コンピュータの脇で行われる書類処理や、身体の移動を伴う作業などを含めた作業環境全体としての作業を考慮し、かつ作業者の種々の身体計測値や立場の違いなどに基づいて、作業環境の配置代替案を定量的に評価することはできなかった。

【0016】さらに、分析手法は実際の作業環境での作業者が対象であり、これから作られる作業環境（まだ存

在していない）に対して用いることはできなかった。また、実寸の作業環境を作って、動作分析を行う場合には身体計測値が異なる多数の被験者を集め、実験を行わなければならない、非常に労力と経費がかかるものとなった。さらに多忙な医師等を対象とした実寸シミュレーションを行うことはほとんど不可能であった。

【0017】また、折角収集された疲労データはあくまでも実験データであり、機器の配置の違いによりどのような動作が生じるかわからないため、動作の頻度・継続時間により生じる疲労感の推測などに積極的に利用できなかった。

【0018】本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、作業者及び作業環境に係る条件を適切に与えることにより作業環境を定量的に評価することのできる作業環境評価装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明（請求項1）に係る作業環境評価装置は、作業者及び作業環境に係る条件を入力するための入力手段と、この入力手段により入力された条件を記憶する条件記憶手段と、当該作業環境における作業手順を入力するための手順入力手段と、この手順入力手段により入力された手順を記憶する手順記憶手段と、この手順記憶手段に記憶された作業手順と条件記憶手段に記憶された条件に基づいて作業者の動作を算出する動作算出手段と、この動作算出手段で算出された作業者の動作に関して作業環境を提示する提示手段とを有することを特徴とする。

【0020】また、本発明（請求項2）に係る作業環境評価装置は、作業者及び作業環境に係る条件を入力するための入力手段と、この入力手段により入力された条件を記憶する条件記憶手段と、当該作業環境における作業手順を入力するための手順入力手段と、この手順入力手段により入力された手順を記憶する手順記憶手段と、この手順記憶手段に記憶された手順と条件記憶手段に記憶された条件に基づいて作業者の視野と干渉対象との干渉チェックを行う干渉判定手段と、この干渉判定手段により条件記憶手段に記憶される干渉対象ごとに判定された干渉回数を計数する干渉計数手段と、この干渉計数手段により計数された結果を提示する提示手段とを有することを特徴とする。

【0021】また、望ましくは動作算出手段により算出された動作結果に基づいて作業者の視野を算出するための視野算出手段を備えるものであり、さらに動作算出手段により算出された動作に基づいて、作業者を動作させて提示手段に提示するための動作提示手段を備えるものである。

【0022】なお、入力手段は物体の配置を変更や、複数の作業者の身体計測値を行うことができ、また手順入力手段は複数の作業手順を入力することができるものであってもよい。



【0023】一方、本発明（請求項3）に係る作業環境評価装置は、作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、前記作業環境において前記仮想被験者が操作する1つの物体または操作する複数の物体およびその順序を指示するための指示手段と、前記仮想被験者が前記指示手段で指示された物体を操作することができるかを判断する操作可能性判断手段とを具備したことを特徴とする。

【0024】また、望ましくは、可到達範囲内に操作対象が含まれているか否かを干渉チェックにより確認する手段をさらに設けても良い。

【0025】また、本発明（請求項4）に係る作業環境評価装置では、上記発明（請求項3）の構成に加えて、前記提示手段は、前記条件記憶手段に記憶された仮想被験者の可到達範囲を提示するとともに、前記操作可能性判断手段は、可到達範囲に前記指示手段から指示された物体が含まれるか否かを判断する包含判断手段を有し、該包含判断手段を用いて該判断を実行することを特徴とする。

【0026】また、本発明（請求項5）に係る作業環境評価装置では、上記発明（請求項4）の構成に加えて、前記条件記憶手段は、操作対象となる物体に対して操作可能範囲を記憶し、前記提示手段は前記操作可能範囲を提示し、前記操作可能性判断手段は、前記包含判断手段を用いて、前記指示手段から指示された物体の操作可能範囲が前記可到達範囲に含まれているか否かを判断することを特徴とする。

【0027】また、本発明（請求項6）に係る作業環境評価装置は、作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、前記作業環境における1つの作業または複数の作業およびその順序を指示するための作業指示手段と、前記作業指示手段により指示された作業に従って、前記仮想被験者の動作を生成する動作生成手段と、前記動作生成手段により生成された動作の種別毎の頻度および継続時間を計測する動作計測手段と、前記動作の種別毎の頻度および継続時間に応じた疲労度データを記憶する疲労度データ記憶手段と、前記動作計測手段により計測された動作および前記疲労度データ記憶手段に記憶された疲労度データに基づいて、前記仮想被験者の疲労度を算出する疲労度算出手段とを具備した

ことを特徴とする。

【0028】また、本発明（請求項7）に係る作業環境評価装置では、上記発明（請求項6）の構成に加えて、前記動作生成手段は、前記疲労度算出手段により算出された疲労度に応じて生成する動作を変更するための疲労度反映手段を有し、この疲労度反映手段を用いて該疲労度を反映させて動作生成を実行するとともに、前記提示手段は、該疲労度を反映して生成された動作を提示することを特徴とする。

【0029】また、望ましくは、前記疲労度反映手段は、前記動作生成手段が生成する動作の速度を変更して、疲労を動作生成に反映させるものである。

【0030】あるいは、望ましくは、前記疲労度反映手段は、前記条件記憶手段に記憶された仮想被験者の関節の可動範囲を変更して、疲労を動作生成に反映させるものである。

【0031】また、本発明（請求項8）に係る作業環境評価装置は、作業環境を構成する少なくとも1つの物体の形状、該物体の配置および該物体が配置される作業環境の形状を含む作業環境データと、該作業環境内で作業を行う仮想被験者の配置および形状ならびに動作生成のための知識を含む仮想被験者データとを記憶するための条件記憶手段と、前記作業環境および前記仮想被験者を提示するための提示手段と、前記作業環境において前記仮想被験者が操作する1つの物体または複数の物体とその操作順序を指示するための指示手段と、前記条件手段に存在する単一または複数の仮想被験者の個々の視点での視野をそれぞれ表示するための被験者視野表示手段と、前記被験者視野表示手段にどの被験者の視野を表示させるかを指示するための視野指示手段とを具備したことを特徴とする。

【0032】

【作用】本発明（請求項1）の作業環境評価装置は、作業環境を構成する物体の3次元形状と位置を、および作業者の位置と身長などの身体計測値を持つことにより、手順入力手段より入力された手順に従って、動作算出手段にて、作業者の動作を求める。動作は、現在の作業者の視野を変化させ、次の手順を実行するために見るべき注視点が入るようにするために行う、首などの回転や腰などの移動などにより決定される。作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手順を変更させた場合、それぞれに対して動作算出手段により算出された動作を計数することにより、種々の代替案の優劣を比較できる。

【0033】また、視野算出手段は、作業手順に従って作業している作業者の視野を算出し、これを作業環境全体と別途提示するので、立場の異なる作業（技師と医師、患者、あるいは監視員と副長、見学者）の視野、身体計測値の異なる作業者の視野を、全体の作業環境と対比させて、その問題点を容易に把握できる。

【0034】本発明（請求項2）の作業環境評価装置は、作業者の視野に作業環境内の物体があるか否かを干渉判定手段により判定し、注視点を遮る物体を判定し、どの物体が作業手順、身体計測値に対して、どのくらい遮っているかを計数する干渉計数手段を有し、その結果を提示するので、作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手順を変更させた場合、それぞれに対して、どの物体が作業環境を悪化させているかを一目で比較することができる。

【0035】また、動作提示手段は動作算出手段により算出された動作に従って、作業者に動作を付けて提示できるので、作業状態をより現実感をもって比較・評価できるだけでなく、作業手順の流れの不具合も容易にチェックできる。

【0036】本発明（請求項3）の作業環境評価装置は、作業環境を構成する物体の3次元形状と位置を、その中で作業する仮想被験者に関して位置と身長などの身体計測値、手や足などの各部位の可到達範囲を持ち、その可到達範囲を個々の作業環境に対して表示することにより、操作対象に仮想被験者が手や足などが届くかを容易に確認できる。また、作業環境内の機器の配置を変更した場合でも、仮想被験者の身長を変更した（子供にしたり、車椅子使用者にしたり）場合でも、容易に確認できる。

【0037】さらに可到達範囲を表示するだけでなく、可到達範囲内に操作対象が含まれているか否かを干渉チェックにより確認し、個々の操作対象に対して、その操作の可否を正確にチェックすることも可能である。

【0038】本発明（請求項6）の作業環境評価装置は、動作種別毎の頻度と継続時間に応じた疲労データと動作計測手段により計測された動作に基づいて、仮想被験者の疲労度を算出し、これを反映させるように動作生成を行い、提示手段に提示する。例えば、疲労度反映手段により反映された疲労度により仮想被験者は動作がのろくなったり、関節が次第に動かなくなったりする様子が、提示手段に提示される。従って、作業環境内の機器の位置の変更により生じる動作の違いに基づいて、疲労度の違いを推測することができ、眼性疲労、腰痛対策など機器配置や機器使用により問題なる種々の疲労問題に事前に対処できる。

【0039】本発明（請求項8）の作業環境評価装置は、複数人の仮想被験者が同一の環境にいるときにそれぞれの身体条件に応じた視点（見え方）の違いを明確にするために、被験者視野表示手段が個々の仮想被験者の視点での視野を表示するとともに、視野指示手段からそれぞれの仮想被験者の視野を自由に確認できるための、切り替えを指示することができる。このため、作業環境内の複数の仮想被験者の視点で自由に切り替えて機器配置などを確認できるので、背の低い人が体験する不快感

などを事前にチェックし、問題点を除去できる。

【0040】このように、本発明によれば、作業者及び作業環境に係る条件を適切に与えられることから、種々の項目について作業環境を定量的に評価することができる、という効果を奏する。

【0041】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

【0042】（第1の実施例）まず、本発明の第1の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0043】図1は、本実施例の作業環境評価装置の概略の構成を示したブロック図である。

【0044】図1を参照するに、本実施例の作業環境評価装置は、情報管理部1に入力部3が接続され、この入力部3を介して入力された作業環境及び作業手順等の条件が、情報管理部1に接続される、作業環境記憶部5と作業手順記憶部7にそれぞれ記憶される。また、情報管理部1には動作算出部11を介して動作限界記憶部9が接続され、視野算出部13及び提示部15も接続される。

【0045】以下、それぞれを作用と共に説明する。まず、入力部3は作業環境を構成する監視制御卓や、机、椅子、コンピュータ・モニタなどの物体を3次元ACDなどを使い、作成された3次元形状を、任意のフォーマット（例えば、業界標準のd f x ファイル・フォーマット）に従って記述されたファイルなどを読み込んだり、読み込んだ物体を3次元空間のどこに配置するかを指定したり、コンピュータ画面を使って行う作業や作業空間全体で行う作業の手順を入力したりするための、例えばキーボードやマウスなどのポインティング・デバイスや、あるいはフロッピーディスクドライブなどからなる外部記憶媒体読みとり装置や、あるいはイーサネット、ケーブルなどの外部のネットワークとのコネクタなどからなる。

【0046】作業環境記憶部5は、前記入力部3より入力された3次元形状とその位置、あるいは作業者の位置と身長や座高などの身体計測値を、例えば、図2のような記憶形式で記憶する。同じく、作業手順記憶部7は、前記入力部3より入力された作業手順を、例えば作業者がどこに注目して作業を行うべきかを明確にした、図3のような形状で記憶する。動作限界記憶部9は、人間が動作するときの、首の上下左右の回転の限界回転角度や、中座など腰の移動による垂直・水平方向の限界移動距離などを、例えば図4のような形式で記憶している。

【0047】動作算出部11は、作業環境記憶部5に記憶された3次元物体の位置と形状、および入力部3より入力された作業者の初期位置と身長などの身体計測値をもとに、作業手順記憶部7に記憶された手順を、動作限界記憶部9に記憶された人間の動作の限界回転角度や限界移動距離に基づいて、例えば図6のような処理の流れ

に沿って、一連の作業を実施するときの作業者の動作シーケンスを算出する。視野算出部13は、動作算出部11により算出された動作に従って、例えば、図7のような処理の流れに沿って作業者の視野の変化を算出する。

【0048】提示部15は、作業環境記憶部5に記憶された作業環境や、視野算出部13により算出された作業者の視野の変化を表示するための、CRTディスプレイなどからなる。

【0049】情報管理部1は入力部3、作業環境記憶部5、作業手順記憶部7、動作算出部11、動作限界記憶部9、提示部15及び視野算出部13の間のデータのやり取りや処理の制御を行うためのものである。

【0050】図2は作業環境記憶部5における物体データの記憶例である。作業環境記憶部5に記憶されるテーブルには、各物体ごとの名称（「モニタA」「入力パネル」など）と、それらを作業の際、注目するときに中心となる中心座標と、3次元の形状に外接する直方体（バウンディング・ボックスと呼ぶ）の6つの頂点座標、および実際の3次元形状データが格納されている場所を示すポイントが記憶されている。3次元形状は、入力部3より入力されたフォーマット（例えばdxfフォーマット）のままである場合もあるが、多くの場合は提示部15で表示したときに高速に書換が行えるような形式に変換されている。バウンディング・ボックスの頂点座標は、入力部3より入力することも可能であるが、多くの場合は、入力部3より入力された3次元形状に外接する直方体を情報管理部1にて、算出し、その頂点座標を、図2に示すように記憶する。

【0051】図3は、作業手順記憶部7における作業手順の記憶例である、手順ごとに注視すべき対象の物体の名称（作業環境記憶部5に記憶されている物体の名称に対応している）が記憶されている。実際の作業手順の入力は図9の例のように、提示部15に表示されている作業環境に対して、入力部3のマウスなどのポインティング・デバイス进行操作して、注目する対象物体を順に指示する。

【0052】情報管理部1は入力部3により指示された位置にもっとも近い物体を作業環境記憶部5に記憶されている物体より検索する（例えば、入力部3より指示された3次元座標値を包含するバウンディング・ボックスを探す）。その物体の名称を図2の形式の名称より読みとり、その名称を図3に書き込む。これを順次繰り返せば、図3に示したように各手順で注目する物体名称が入力できる。

【0053】あるいは図3のような形式で記憶されているファイルを読みだして、入力部3のキーボードを用いて、直接ファイルを編集することにより作成することも可能である。図3の例では、各手順で注目すべき物体の名称を記憶しているが、必ずしもこれに限定されるものではない。

【0054】図4は動作限界記憶部5における記憶例である。人間が動作を行うときに要となる人体各部（例えば、首、腰、肩などの関節）において、最高どこまで回転・移動できるかをx軸、y軸、z軸それぞれについて、個人差、例えば性差、年齢差、運動歴差等毎に記憶している。

【0055】首に関しては、例えば、図5に示すように上下（x軸まわり）の回転、左右（y軸まわりとz軸まわり）の回転を別にわけて記憶している。それぞれのx軸、y軸、z軸方向の移動は首はできないので、これらの値は0になっている。腰に関しても同様に記憶されている。実際の値は、Morgan, C.T., Cook, J.S., Hacpanis, A., and Jund, M.W.の「人間工学データブックー機器設計の人間工学指針」（コロナ社刊）などの人体の計測値を参考にした値を記憶する。

【0056】ここでは仮に首のx軸まわりの回転は上方（頭部屈曲背側）20度、下方（頭部屈曲腹側）45度、y軸まわりの回転左右（頭部屈曲）41度、z軸まわりの回転の左右（頭部回転）50度を採用する。

【0057】また、目に関しては首などの運動をまったく行わずに眼球運動だけで瞬時に情報を抽出できる角度を記憶している。実際の値は、畑田のデータ（人間工学、Vol. 22, No. 2 ('86)）による（図8参照）。つまりx軸回りの回転は上方8度、下方12度、y軸回りの回転は左右15度である。また、運動を伴わずにみることのできる距離は作業者の視力に依存するが、デフォルト値（明確な入力なかったときに使われる値）としてΣが図4の例では記憶されている。

【0058】次に動作算出部11の動作について図6の処理の流れに沿って、説明する。入力部1より入力された作業者の位置が $(X_1, Y_1, Z_1)$ 、身長はLcm、椅子の高さがMcmとする。Lcmの身長の人が座って仕事をする場合の座高は身長 $k\%$ 、座った姿勢に対する目の位置が $e\%$ （Morganのデータブックによれば $k$ としては52程度の値、 $e$ としては87程度の値）である。両眼の視差はdcm（dは約8程度）とする。椅子の高さがMcmであるので、目のy座標の位置は、 $Y_o = Y_1 + M + k e L / 10000$

となる。左右両目のx座標の位置は（x軸に対して平行に位置していると仮定して）、

$$X_o = X_1 \pm (d/2)$$

となる。z座標は

$$Z_o = Z_1$$

である。

【0059】図6を参照するに、動作算出部4はステップS1で作業手順記憶部3の次の注視点を読みとる。図3の例では第1の注視点はモニタAである。モニタAの中心座標を作業環境記憶部5より読みだし（ステップS3）、これに対して、ステップS5で現在の視点位置との距離と角度を算出する。

【0060】距離Lは図2の例により、  
【0061】

$$L = \sqrt{(x_0 - X_e)^2 + (y_0 - Y_e)^2 + (z_0 - Z_e)^2}$$

x軸まわりの角度λは

$$\sin \lambda = (y_0 - Y_e) / L$$

y軸まわりの角度θは

$$\sin \theta = (x_0 - X_e) / L$$

となる(図20参照)。

【0062】次にステップS7に進み、目、顔など人間各部の左右・上下限界回転角度を動作限界記憶部9から読み出す。

【0063】ステップS9ではθとλが動作限界記憶部9に記憶されている値、つまり図4の目に関する限界角度より小さいか否かを判定する。小さければ、視野内にあるので、回転や移動などの動作は行わずに、目の動きだけで作業対象をみることができる。小さくなければ、視野内になので、まず目の次の部分(図4の例では首になる)の回転で注視点が視野に入るかを判定する。

【0064】視野に入れば、その部位の回転を行う。入らなければ、ステップS11で中腰等による限界移動距離を動作限界記憶部から読み出し、その部位の移動を行う(ステップS13)。首の場合には限界距離が0なので、さらに次の部位の回転(図4の例では腰)の回転で視野に入るかを順次調べる(ステップS11、S13、S15)。このようにして注視点が視野内に入るまで、図4の部位を順に判定していく。その場で立っただけでは視野内に入らなければ、さらに歩行する。歩行の場合には、作業環境内での移動経路をあらかじめ、決めておくことにより、対処する。あるいは作業環境内の物体にぶつからないように後述の干渉判定により、移動経路を算出することで対処する。

【0065】ステップS17では動作により、作業者の視点が変わっているので、視点の再計算を行う。以降、再計算された視点位置に対して、視野に入っているか否かの判定を行うことはいふまでもない。

【0066】ステップS19では、視野の表示を提示部15に情報管理部1を通じて、指示する。

【0067】視野算出部13では、図7に示すような処理の流れに沿って、視野の提示を行う。まず、ステップS21では視点位置座標を読みだし、ステップS23では注視点(今の場合は $(x_0, y_0, z_0)$ )を読みだし、ステップS25では視点位置座標を原点として視野コーンを提示する。視野コーンの限界角度は動作限界記憶部9に記憶されている目の限界角度になっている(図8参照)。

【0068】この視野コーンを作業環境の提示にあわせて提示部15で提示すると、例えば、図9のようになる。図9はある作業を完了するまでの作業者の視野をす

\*【数1】

べて提示した例になっている。

【0069】図9の視野コーン(作業者の視点から物体に対して伸びている円錐をここではこう呼ぶ)は図8に示されているような人間が頭を動かさずに、かつ特定情報を雑音情報より瞬時に抽出できる有効視野の角度(左右約15度、下約12度、上約8度)になるように形成されている。図9の例では左右約15度の有効視野角を再現しているが、上下方向には左右ほどの有効視野がないので、これを考慮にいれて上下に偏平した視野コーンにより、作業者の正確な有効視野を提示することも可能である。

【0070】ただし、実際に人間の目には、情報の識別はできないが存在は判定できる誘導視野(左右約50度、下約45度、上約40度)の範囲がある。この誘導視野は大スクリーンなどの臨場感を受ける範囲である。さらに急激な運動があると検出できる補助視野は左右100度以上、垂直で85度以上にも及ぶ。誘導視野は焦点を結ばない画像にして、補助視野はさらに焦点がぼやけ、さらに色のない画像にして、図9の有効視野コーンの周囲に誘導視野コーンや補助視野コーンを形成して、色別に表示することも可能である。誘導視野コーンにより、臨場感ある表示するための情報が正しく作業者に見えているかをチェックすることができる。さらに補助視野コーンによれば、警報装置の点滅などが、作業者の補助視野内にあるかどうかなどをチェックすることができる。

【0071】図10は、立場の異なる作業者たちがある時点で何をみているかを比較できるように提示している例である。

【0072】提示方法は図9と図10に限定されるものでなく、2人の作業者の視野だけをトレースしたり、1人の作業者の視野をトレースしていき、適宜他の作業者の視野も参考提示したりすることも可能である。

【0073】また、入力部1より種々の身体計測値や、椅子や机の高さなどを異ならせたりして、身長や什器などの違いによる視野の違いを簡単に知ることができる。

【0074】本実施例では身体計測値を入力部1より指定しているが、例えばMorganのデータブックにあるような身体計測値(例えば、5パーセンタイルから95パーセンタイルの値)を、あらかじめ入力して作業環境記憶部2に記憶しておき、ほとんど自動的に種々の身体計測値に対する動作を算出することも可能である。

【0075】図6の処理では中心点のみが視野に入っているかを判定しているが、必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、モニタ面の面全体が視野に入っ

10

20

30

40

50

いなければならない場合には、図2の中心座標の代わりに、見るべき面の頂点座標を記憶することにより対処できる。また、患者さんの全体像が視野に入っていない場合には図2のバウンディング・ボックスの頂点座標に対して判定を行うことにより、対処できる。これらの種別（見るべき対象が物体の中心点だけか、面か、全体か）をするフラグを別途記憶することにより、対象ごとに見るべきかを特定できる。

【0076】（第2の実施例）次に、本発明の第2の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0077】図11は、本実施例の作業環境評価装置の概略の構成を示したブロック図である。この作業環境評価装置は、情報管理部1に入力部3が接続され、この入力部3を介して入力された作業環境及び作業手順等の条件が、情報管理部1に接続される、作業環境記憶部5と作業手順記憶部7にそれぞれ記憶される。また、情報管理部1には動作算出部11を介して動作限界記憶部9、干渉判定部17及び動作計数部21が接続され、この干渉判定部17には干渉計数部19が接続される。さらに情報管理部1には視野算出部13及び提示部15も接続される。

【0078】以下、それぞれを作用と共に説明する。まず、干渉判定部17は視野内に物体があって、作業対象を見るのに邪魔になっていないかを判定する。干渉計数部19は邪魔になった物体ごとにその回数をカウントする。動作計数部21は動作算出部11が算出した動作をカウントする。図11の構成では、画面の一部に作業者に見えている視野を提示する手段がない構成になっているが、これを付加することも可能である。

【0079】動作算出部11での処理の流れも一部、図12のように変わる。具体的には回転動作を行うことが決定されると、どの部位でどのような回転動作であるかをステップS31で検出し、動作計数部21がステップS33でカウントする。同様に移動動作に関しても、どの部位の動作であるかをステップS35で検出し、動作計数部21がステップS37でカウントする。さらに視野内に注視点が入ったとき、このときステップS39で干渉判定部17が視野内に邪魔になっている物体がないかをチェックする。このとき、干渉チェックを高速化するため、視野コーンと物体のバウンディング・ボックス（作業環境記憶部5に記憶されている）との干渉を判定する。

【0080】干渉する物体がある時には、ステップS41で、その物体の色をかえて、どの物体が邪魔になっているかをわかるようにするとともに、物体ごとに邪魔になった回数を干渉計数部19がステップS43でカウントとする。

【0081】これらの動作計数部21と干渉計数部19との計数結果を例えば図13のように作業環境に重ねて棒グラフなどで、表示することによりどの物体が邪魔に

なって、動作が増えているかを一目で見ることができ。図13のように作業にどの物体が邪魔になっているかが、一目でわかるように提示すると、ステップS45で配置の代替案を検討するときに、邪魔になっている物体の位置を変更すればよいことがわかるので、容易に代替案を作成できる。

【0082】邪魔になっている物体の位置や形状などを変化させたり、手順を変更した場合などの代替案を、種々の身体計測値の作業員に対して、図13のような表示にすることにより、技術に関する知識がなくても、容易に代替案の善し悪しを判断することができる。

【0083】統計値の提示は図13のような表示に限定されるものではない。計数値だけ、作業環境とは別に提示することも可能である。ただし、図13のように作業環境に重ねて提示すると、入力部1より、直接、邪魔になっている物体を指示して、位置を変更したりすることができるので、操作が非常に容易になる。

【0084】（第3の実施例）次に、本発明の第3の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0085】図14は、本実施例の作業環境評価装置の概略の構成を示したブロック図である。

【0086】作業員が動作算出部23で算出された動作に沿って、動的に動く様子を提示するための動作提示部23が第1の実施例に付加されている。勿論、第1の実施例や、第2の実施例に動作提示部23が付加された構成も可能である。

【0087】第1の実施例では、作業員は動かず、結果の視野だけが提示されていた。また第2の実施例では、作業員は動作せず、動作した結果の統計値のみが提示されていた。これに対し、第3の実施例では、実際に作業員が動作するので、作業手順に従って、作業員の動線をトレースすることができる。つまり、第1の動作から、第2の動作に移る過程での不具合の発見など、手順間の推移にともなう分析を行うことができるのである。

【0088】動作提示部23は動作算出部11より、算出した各部位の回転角度と移動距離を情報管理部1を通して受けとる。動作提示部23は、受け取った値に従って、人体の各部の補間を行って、動画として例えば図15乃至図19に示すように提示する。

【0089】すなわち、図15に示す所定の状態から、図16に示す位置に注視点が設定されると、目の動きだけでは視野に十分に入らないことが分かり、図17に示すように身体を捻り注視点の方に身体を向けて、当該注視点を見るようにする。また、図18に示すように、反対側に注視点を設定されると、現在の身体の向きでは視野に入らないので、図19に示すように身体を元の位置に戻し注視点の方に身体を向けて、当該注視点を見るようにする。これらの動作が図9及び図13上で行われることにより、より視覚的な判断が容易になる。

【0090】また、以上の実施例では作業環境記憶部5



に記憶する物体は実際に環境内に存在するものであったが、必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、モニタをメニューやウィンドウなどの単位に分割して、その単位に作業環境記憶部5に位置を記憶する。それとともに、作業手順記憶部7でもその単位に手順を記憶すれば、コンピュータに向かって行う作業をさらに詳細に動作分析を行うことができる。

【0091】また、作業を実施するのに必要な視点からの距離を作業手順記憶部7に記憶することにより、その距離以下になるまで、作業者が歩行などにより移動するように動作算出部11が計算する事ができる。また歩行の際に邪魔になる物体に関して、干渉判定部11が判定し、干渉計数部19が計数して、図13にあわせて表示する事も可能である。

【0092】また、作業手順記憶部7に手や足などの動作対象を合わせて記憶し、動作限界記憶部9に手や足の各関節の回転や移動に関する限界値を記憶することにより、視野だけでなく、実際の操作動作についても動作を算出・計数する事ができる。

【0093】上述してきたように、上記各実施例によれば、作業環境を構成する物体の3次元形状と位置を、および作業者の位置と身長などの身体計測値を持つことにより、手順入力手段より入力された手順に従って、作業者の動作を求め、作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手順を変更させた場合、それぞれに対して動作を計数することにより、種々の代替案の優劣を比較できる。

【0094】また、作業手順に従って作業している作業者の視野を算出し、立場の異なる作業者（技師と医師、患者、あるいは監視員と監視員長、見学者）の視野、身体計測値の異なる作業者の視野を、全体の作業環境と対比させて、その問題点を容易に把握できる。

【0095】もし、作業者の視野を遮る物体を判定し、どの物体が作業手順、身体計測値に対して、どのくらい遮っているかを計数し、作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手順を変更させた場合、それぞれに対して、どの物体が作業環境を悪化させているかを一目で比較することができる。

【0096】また、作業者に動作を付けて提示できるので、作業状態をより現実感をもって比較・評価だけでなく、作業手順の流れの不具合も容易にチェックできる。

【0097】（第4の実施例）次に、本発明の第4の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0098】図21は、本実施例の作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図である。図21に示すように、本実施例の作業環境評価装置は、入力部31、作業環境記憶部32、仮想被験者記憶部33、可到達範囲記憶部34、包含判定部35、描画部36、出力部37お

よび情報管理部38を備えている。

【0099】入力部31は、作業環境を構成する机、椅子、コンピュータ・モニタなどの物体を3次元CADなどを使い作成された3次元形状を所定のフォーマット（例えば、業界標準のdxfファイル・フォーマット）に従って記述したファイルなどを読み込んだり、読み込んだ物体を3次元空間のどこに配置するかを指定したりするための、例えばキーボードやマウスなどのポインティング・デバイスや、あるいはフロッピーディスクドライブなどからなる外部記憶媒体読みとり装置や、あるいはイーサネット・ケーブルなどの外部のネットワークとのコネクタなどからなる。

【0100】作業環境記憶部32は、前記入力部31より入力された3次元形状とその位置を、例えば図22のような形式で記憶する。同じく、仮想被験者記憶部33は、前記入力部31より入力された仮想被験者の3次元形状や位置などを記憶する。また、可到達範囲記憶部34は、仮想被験者の部位毎の可到達範囲などを、例えば図23のような形式で記憶する。

【0101】包含判定部35は、前記入力部31より指示された操作対象の物体が前記可到達範囲記憶部34に記憶された可動範囲に包含されているかを判定する。

【0102】描画部36は、前記作業環境記憶部32に記憶された作業環境と、この作業環境内で動作する、前記仮想被験者記憶部33に記憶された仮想被験者と、前記可到達範囲記憶部34に記憶された可動範囲を仮想被験者ごとに見えるような形式に変換する。

【0103】出力部37は、前記描画部36の描画結果を表示するための、例えばCRTなどからなる。

【0104】情報管理部38は、入力部31、作業環境記憶部32、仮想被験者記憶部33、可到達範囲記憶部34、包含判定部35および描画部36の間のデータや指示のやり取りを管理するためのものである。

【0105】図22は、作業環境記憶部32の記憶形式の一例である。物体毎にその中心座標と、干渉チェックなどのときに使用するバウンディングボックス（物体の外接直方体）の頂点座標と、3次元形状データが実際の格納されている記憶領域へのポイントが格納されている。

【0106】図23は、可到達範囲記憶部34に記憶されている可到達範囲の記憶形式の一例である。腕の到達可能な範囲はMorgan, C. T., Cool, J. S., Hacpanis, A., and Jund, M. W. の「人間工学データブック—機器設計の人間工学指針」（コロナ社刊）に出ているように直接その長さをを用いる形式もある。しかし、この方法では仮想被験者の身体条件が変更になったときに、スムーズに対応するのが難しい。そこで、図23にあるように「人間工学データブック」に記載されているデータを参考に割り出した関節での角度を使用する。腕が到達可能な範囲は肩関節を中心とした回転角度になる。この値は

10

20

30

40

50

「人間工学ハンドブック」にあるように、姿勢（立位か座位など）によって異なる。それぞれの姿勢に対して、図24に示すように、身体の正面を中心に回転可能な角度を「人間工学ハンドブック」より割り出し、記憶している。例えば、腕の可到達可能範囲は肩を頂点とし腕の長さを径とした図23に記憶されている角度の円錐形になる。同様に手の可到達範囲は、手首を頂点として、手の長さを径とした図23に記憶されている角度の円錐形になる。なお、実際は、回転方向によって回転可能な角度が異なっているので、可到達範囲を示す円錐形は歪んだ形になる。以下、円錐形といった場合、歪んだ円錐形も含むものとする。

【0107】描画部36は、図23のような形式で可到達範囲記憶部34に記憶された可到達範囲を、例えば作業環境と仮想被験者の位置関係の視覚化に影響を与えないように、アルファブレンディングなどの機能を用いて、例えば図25(a)のような肩を頂点とし、腕と手の長さを合わせた径を持つ円錐形（精密に表示すれば歪んだ円錐形）を半透明で表示する。あるいは図25

(b)のように、肩を頂点とし、腕の長さを径とした円錐形と、その先の手の部分の円錐形とを別々に表示する方法もある。またその他にも種々の方法が考えられ、例えば腕を上腕と下腕にわけて、肩を頂点とし、上腕の長さを径とする円錐形と、肘を頂点とし下腕の長さを径とする円錐形と、手首を頂点とし手の長さを径とする円錐形の3つに分けた表示や、あるいは肩と肘を頂点とする2つの円錐形に分けた表示も可能である。

【0108】次に、本実施例の動作例について、図26の処理の流れ図にもとづいて説明する。なお、図26のステップS67で行う包含判定部の処理手順の具体例を図28に示す。

【0109】まず、入力部31より、どの物体を操作すべきか、また、その物体に到達可能かを判定するかどうかについて指定する（ステップS61）。図25のように出力部37上に表示されている物体を直接指示する形式、あるいは現在の作業環境内に存在する物体のリストから該当物体を選択する形式など種々の指示形式が可能である。今、入力パネルが操作対象として、指示されたとする。入力パネルの中心座標は、作業環境記憶部32に記憶された値から（図22参照）、 $(x2, y2, z2)$ であることなどがわかる。

【0110】次に、仮想被験者の位置、向き、姿勢、身体条件を、入力部31より指示する（ステップS63）。位置の指示方法は、出力部37上を直接指示する形式、あるいは座標値を数字で直接指示する形式などが可能である。特別に指示されない場合は、現在の位置を踏襲しても良いし、あるいはデフォルトの座標位置を初期条件とすることも可能である。ここでは、位置座標は $p = (px, py, pz)$ が指示されたものとする。身体

指示が可能であり、現在の向きを踏襲、あるいはデフォルトを初期条件とすることができる。ここでは、法線ベクトル（単位ベクトル） $n = (nx, ny, nz)$ が指示されたとする。

【0111】姿勢は、特別に指示されなければ、出力部37上に表示されている現在の姿勢を踏襲しても良いし、あるいは立位を初期条件とするようにしておくことも可能である。ここでは、仮に立位が指示されたとする。身体条件も同様に、特別に指示されなければ、現在の身体条件を踏襲しても良いし、あるいは標準の身体条件を初期条件とするようにしておくことができる。この場合、身長 $L$  cmが指定されたとする。仮想被験者記憶部32には、「人間工学データブック」の値をもとに、

身長に対する肩の高さの比率	su (立位)
	sd (座位)
身長に対する目の高さの比率	e
身長に対する上腕の長さの比率	au
身長に対する下腕の長さの比率	ad
身長に対する手の長さの比率	h
身長に対する肩幅の比率	sw

などが記憶されている。

【0112】これらの値をもとに、仮想被験者記憶部33から仮想被験者の形状データを読みだし、仮想被験者を生成するとともに、仮想被験者の肩の位置など主要部位の位置を情報管理部38は算出する。

【0113】例えば、肩と同じ高さにある首の位置座標は、立位であり、中心位置より肩の高さ $L \cdot su$ 分だけy軸方向に高くなるので、 $(px, py + L \cdot su, pz)$ となる。右肩の位置は、これから、法線ベクトル $n$ と垂直方向に肩幅の半分だけずれた位置になるので、 $q = (px - L \cdot hw / 2 \cdot nz, py + L \cdot su + L \cdot hw / 2 \cdot ny, pz + L \cdot hw / 2 \cdot nx)$ となる。同様に左肩などの位置も求めることができる。生成された仮想被験者データは、描画部36に送られ、出力部37上に表示される。

【0114】次に、ステップS65では、生成された仮想被験者の肩関節の位置をもとに、可到達範囲を算出する。例えば仮想被験者を右ききとすると、右肩の位置 $q$ を頂点とし、腕と手を合わせた長さ $L \cdot (au + ad + h)$ を径とし、中心角 $\alpha$ の円錐形を可到達範囲となる。その結果が描画部36に送られ、出力部37上に、図25(a)のように半透明の円錐形として表示される。

【0115】ステップS67では、ステップS65で算出された可到達範囲に対象物体が包含されているかを判定する。ここでは、例えば次のような方式で判定する。

【0116】図27に示すように可到達範囲の頂点座標、この場合 $q$ と、操作対象の中心座標、この場合 $(x2, y2, z2)$ との間の距離 $l$ を算出し（図28の

テップS81)、これが可到達範囲の径(この場合 $L \cdot (au + ad + h)$ )より小さいか、つまり可到達範囲の径内に操作対象の中心座標が存在するかを調べる(図28のステップS83)。noであれば、noを判定結果とする。

【0117】yesであれば、頂点座標と操作対象の中心座標がなす角度 $\theta$ を算出する(図28のステップS85)。そして、 $\theta$ が可到達範囲の中心角の $1/2$ (この場合 $\alpha lu/2$ )より小さいか、つまり、可到達範囲の円錐形内に操作対象の中心座標が含まれているかを判定する(図28のステップS87)。含まれていればyes、含まれていなければnoを判定結果とする。

【0118】包含判定部35の判定結果がyesであれば、可到達と判定する(図26のステップS69)。一方、noであれば、到達不可であり(ステップS71)、そのことがわかるように例えば、描画部36に到達不可と判定された操作対象の色を変更(例えば、赤などに)して表示する旨が情報管理部38より送られ、出力部37の表示が変更される。ユーザは、出力部37の操作対象の入力パネルの色が、例えば赤になったことから、到達不可であることを一目で知ることができる。

【0119】包含判定部35の判定方法は、必ずしも図28のような処理である必要はなく、操作対象のバウンディングボックスと可到達範囲の円錐形に関して干渉チェックを行い、干渉しているかないかを直接判定する方式も可能である。あるいはバウンディングボックスと可到達範囲の円錐形の間との和と排他的論理和(exclusive or)を求め、包含関係を判定し、到達可能性の可否を判定する方式も可能である。

【0120】また、操作の対象となる物体が可到達範囲に入っている、その途中に別の物体があるために、手を伸ばすとぶつかるといった場合がある。これは、作業環境記憶部32に記憶された物体に対して、図28の処理を同様に行う。可到達範囲に含まれていれば、じゃまな物体として、出力部37上でその物体の表示色をかえたり、あるいは表示を点滅させることで、操作のじゃまになりそうな物体を発見できる。

【0121】このように、本実施例によれば、種々の身体条件の仮想被験者を用いて設計の早い段階で、操作ができる位置に操作対象が設置されているかを検証することが可能である。また、機器の配置を変更した場合でも、仮想被験者の身長を変更した(子供にしたり、車椅子使用者にしたり)場合でも、容易に確認できる。

【0122】さらに可到達範囲を表示するだけでなく、可到達範囲内に操作対象が含まれているか否かを干渉チェックにより確認するので、個々の操作対象に対して、その操作の可否を正確にチェックすることができる。

【0123】(第5の実施例)次に、本発明の第5の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0124】通常は、ボタンやタッチスクリーンなどの

多くの物体は操作すべき面が決まっている。そこで、第4の実施例のようにバウンディングボックスが可到達範囲に含まれているか否かを判定する代わりに、この操作すべき面が可到達範囲に含まれているか否かを判定すれば、さらに正確に、操作ができる位置に操作対象が設置されているかを検証することができると考えられる。

【0125】つまり、バウンディングボックスが可到達範囲に含まれているか否かを判定する場合、可到達範囲判定の基準が厳しすぎて、正解(到達可)もふり落とされてしまうこと、あるいはその逆に、バウンディングボックスが可到達範囲に含まれていても操作すべき面が可到達範囲の円錐形の外側に位置していて、向きが逆になっている場合には、距離的には届くが、操作面に手が届かず操作できない場合もある。具体的にはタッチスクリーンがついたモニタの後ろ側に立っていて、手を伸ばした範囲にタッチスクリーンはあるが、モニタの後ろの部分がじゃまになって届かないということが生じる。そこで、本実施例では、第4の実施例の構成に、物体ごとに操作すべき面を操作範囲として記憶する操作範囲記憶部39を付加して、上記点を改良しているものである。

【0126】図29には、このような本実施例の作業環境評価装置の概略構成を示す。ここで、付加した操作範囲記憶部39は、例えば図30のような形式で、物体ごとに操作範囲を記憶している。

【0127】本実施例では、図22の物体の中心座標のかわりに、操作範囲の中心座標となる操作中心座標と、図22の物体のバウンディングボックスのかわりに、操作範囲の頂点と、操作面がどの方向を向いているかを示すための操作面の法線ベクトルである操作面ベクトルとを記憶しており、包含判定部35は、中心座標の代わりに、操作中心座標あるいは操作範囲のすべての頂点座標に対して、図28の処理に沿った判定を行い、操作範囲が可到達範囲に包含されているかを判定する。

【0128】このようにすれば、操作範囲が必ず可到達範囲に含まれているので、過剰に判定することなく、かつ、操作すべき面が可到達範囲と逆向きになっていることはない、より正確な可到達性の判定が可能となる。

【0129】なお、操作範囲の記憶は図30のように、図22の物体記憶と必ずしも別個に記憶されている必要はなく、例えば図31のように、図22と図30を併せて記憶する形式も可能である。

【0130】(第6の実施例)次に、本発明の第6の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0131】図32は、本実施例の作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図である。図32に示すように、本実施例の作業環境評価装置は、入力部31、作業環境記憶部32、仮想被験者記憶部33、可到達範囲記憶部34、描画部36、出力部37、情報管理部38、

10

20

30

40

50



動作生成部41、動作計測部42、疲労度算出部43、疲労データ記憶部44を備えている。

【0132】上記の入力部31、作業環境記憶部32、仮想被験者記憶部33、可到達範囲記憶部34、描画部36、出力部37、情報管理部38は、前述した第4の実施例と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。

【0133】作業手順記憶部40は、入力部31より入力された作業手順を、例えば図33のような形式で記憶する。

【0134】動作生成部41は、作業手順記憶部40に記憶された作業に従って、仮想被験者を動作させるため、例えば図34のような処理の流れで動作を生成するものである。

【0135】動作計測部42は、動作生成部41が生成した動作の種別毎にその頻度と継続時間を計測する。

【0136】疲労データ記憶部44は、人体各部の疲労データを、例えば図35のような形式で記憶する。

【0137】疲労度算出部43は、疲労データ記憶部44に記憶された疲労データと動作計測部42が計測した仮想被験者の動作種別毎の頻度と継続時間をもとに、仮想被験者の作業による疲労度を算定する。

【0138】作業手順は例えば、図33のように各作業の時に注視するものと操作するものの組で記憶されている。図33では物体の名称が記憶されている。この物体の名称から、作業環境記憶部32に記憶されている図22のような作業環境データより各物体の中心座標を、あるいは図31のような形式で記憶されているデータより操作中心座標を読みだして、仮想被験者が注視あるいはそうすべき対象物体とその位置がわかるようになっている。

【0139】図34は、動作生成部41における動作生成処理の流れの内、注視点に応じて、動作する場合について説明したものである。なお、図6のような操作点に応じた動作生成も同様に行うことが可能である。

【0140】動作生成部41は、まず作業手順記憶部40に、例えば図33のような形式で記憶されている作業手順より、次の注視点を読み出す(ステップS91)。注視点の中心座標を、作業環境記憶部32に、例えば図22あるいは図31のような形式で記憶されている作業環境データより読み出す(ステップS93)。現在の視点位置は仮想被験者記憶部33に記憶されており、その視点位置と読みだした注視点座標との距離・角度を算出する(ステップS95)。首関節の到達角度を、可到達範囲記憶部34に、例えば図23の様な形式で記憶されているデータより読み出す(ステップS97)。読みだした角度内に注視点座標が入るか否かを判別する(ステップS99)。該角度内に注視点座標が入れば、首関節を回転させる(ステップS107)。

【0141】一方、該角度内に注視点座標が入らなけれ

ば、上位の関節(首の上位は腰)の到達角度を読み出す(ステップS101)。首の場合と同様に判別を行い(ステップS103)、入らなければステップS101、ステップS103の処理を繰り返す。そして、入った時点でその関節の動作を生成する(ステップS105)。このとき、すべての到達角度の限度いっぱい回転運動させずに、微調整を下位の関節で行い(ステップS107)、より自然な動作を生成する。次の注視点の処理も同様に行う(ステップS109)。

10 【0142】図35は、疲労データの記憶形式の一例である。疲労度として明確な指標が確立されているわけではない。例えば、目の疲労はフリッカテスト(見分けられる点滅周波数を計測)で計測される周波数、手や足の疲労はエネルギー代謝量や心拍数や筋電図などが主に用いられている。

【0143】ここでは、関節毎に疲労を感じる限界の角度、及びその角度に対して何分以上あるいは何回以上動作をしたら疲労を感じるかの限界時間と限界頻度、その結果生じる症状、それを指数に置き換えた疲労度の組み合わせで記憶している。

20 【0144】つまり、腰がf1度以上かがんだ状態で、t1分以上作業するとしびれる。その結果、仮想被験者の動作が鈍くなるので、その影響を可到達範囲記憶部34に記憶されている腰の到達限界角度を $\phi 1$ 度減じることにより表現する。この症状を指数に置き換えた疲労度も記憶されている。同様に、腰が現在の状態からさらにf1度以上かがんだ状態でn1回以上作業しても同様の影響が出る場合は、図35のような形式で記憶している。

30 【0145】また、継続動作(ある角度で腰を曲げたまままでいる状態)と瞬発動作(現在の状態から腰を回転させる動作)とでは疲労状態は当然違ってくるので、それぞれ異なる角度に対して継続時間と限界頻度を記憶することも可能である。f1度より大きな角度f2度以上でt2分以上あるいはn2回以上作業したときは、腰が痛くなり作業できない(No active)状態になる。同様に、他の関節に対しても、同様に記憶している。

40 【0146】これらの限界角度や限界頻度は、姿勢によって異なった値を記憶するようになっている。これらの値は人間工学会編集の「人間工学ハンドブック」に掲載されているデータや、臼居らの「長時間拘束直立姿勢保持における下肢筋の機能評価」、人間工学、Vol. 20, No. 4, pp. 213-222(1984)などの実験結果を参考にしたものである。

【0147】図36は、動作計測部42が作業手順記憶部40に記憶された作業手順に従って、動作生成部41が生成した動作を計測した結果の一例を示すものである。身長l cm、椅子h cmに座ってモニタをみての操作を行ったときの各関節の回転角度毎の継続時間と頻度が計測されている。ここでは説明がしやすいように、図

35に記憶されている疲労データの角度に合わせた集計になっている。また、これに限定されるわけではなく、例えば5度毎に細かく集計をとるといったことも可能である。

【0148】以下、本実施例の動作について図37の処理の流れに沿って説明する。図37は、腰や膝などの関節ごとに判断する場合の流れの一例である。ここでは各関節に関して随時処理していくことを想定しているが、これに限定されるものではない。図32とは異なり動作計測部42と疲労度算出部43を関節ごとに対応させて設け、各関節を並列して処理することも可能である。

【0149】図37の処理は、図36のような動作の計測結果が得られると開始する。

【0150】まず、姿勢に応じた該当する関節の疲労データを疲労データ記憶部44から読み出す(ステップS111)。図36から、腰の疲労を算出する場合を例にとると、この場合は座位なので、図35のような形式で記憶されている座位のデータを読み出す。

【0151】次に、疲労データの算出の限界角の中で最大の値について、その角度を超える動作が行われたかを調べる(ステップS113)。図35の例ではf2が最大角であるので、f2を超える動作が行われたかを調べる。図36では、該当する動作が存在するので、次の限界時間を判定するステップS115に進む。図36では時間は0.5分で、限界時間t2を超えていないので、ステップS119に進む。もし、限界時間t2を超えていれば、ステップS117で図35に記憶されている疲労度を算出実施する。計算の結果、図35の例では疲労度は4となる。

【0152】一方、ステップS119では、限界頻度を超過しているかを判定する。3回は限界頻度n2回より小さいので、ステップS121に進む。ステップS121では、ここまでで判定した限界角より小さい角度があるかを調べる。図35では、f2より小さいf1があるので、次のステップS123に進む。ステップS123では、限界角を超える動作があるかを判定する。図36の例では限界角を超える動作があるので、ステップS115に進む。ステップS115では動作時間が限界時間を超過しているかの判定を行う。図36の例では、f1からf2の間の動作時間は5分であるが、f2以上の動作時間0.5分も合わせた5.5分について、限界時間t1分を超えているかを判定する。ここでは限界時間を超えていないので、ステップS119に進む。そして、ステップS119で、限界頻度を超過しているかを判定する。図36の例では、f1からf2の間の動作回数は6回であるが、f2以上の回数は3回であり、両者を合わせると9回になるので、限界頻度n1回を超えているものとする。したがって、限界頻度を超えているのでステップS117に進み、図35の疲労度を算出する。この場合、疲労度は2になっている。この値は情報管理部38に送

られ、出力部7に表示される。

【0153】疲労度が算出されると、疲労度算出部43の処理は終了する。

【0154】一方、ステップS119で限界頻度を超過していなければ、次の限界角度があるかを再度調べる(ステップS121)。図35の例では、f1より小さい限界角度がないので、この場合は終了する。

【0155】このように、本実施例によれば、機器の位置の変更により生じる動作の違いに基づいて疲労度の違いを推測することができるので、眼性疲労、腰痛対策など機器配置や機器使用により問題なる種々の疲労問題に事前に対処できる。

【0156】(第7の実施例)次に、本発明の第7の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0157】図39は、本実施例の作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図である。本実施例の作業環境評価装置は、図32に示す第6の実施例の構成に、疲労度反映部45を付加したものとなっている。第6の実施例では疲労度を算出しているが、本実施例ではさらに、算出された疲労を動作に反映するための疲労度反映部45を具備し、算出した疲労が動作に与える影響を視覚化することができる。

【0158】疲労度反映部45の処理は、疲労度算出部43の疲労度算出のステップの後に、図35のように記憶されている症状を適用し、視覚化を行うものである(図38のステップS125)。つまり、先の腰の動作の例では疲労度が2であることが、ステップS117で算出されたが、疲労度反映部45は、図35の症状に到達角度をφ度減じることが記憶されているので、これに基づいて可到達範囲記憶部34に記憶されている腰の限界角度をφ度減じることが情報管理部38に送る。情報管理部38は可到達記憶部34の腰の限界角度を一時的にφ度減じる。この結果、次に生成される動作は可到達限界角度が小さくなるため、動く範囲が小さくなる。これはしびれて腰の動作がにぶくなる状態を視覚化するのである。疲労の症状がひとたび動作に反映されると、疲労度反映部45の処理は終了する。

【0159】同様に腰の疲労度が4のときは、図35からNo activeなので、疲労度反映部45は情報管理部38に動作生成停止の指示をおくる。情報管理部38は動作生成部41の処理を一時訂正する。

【0160】疲労度反映部45の処理結果による、以上のような可到達範囲の角度の減少や動作生成の停止は、限界時間の所定倍(例えば3倍)時間が経過すると解除される。解除の方法は、所定時間経過後に元の値に戻し、動作生成を一挙に開始するようにしたり、ステップ関数や線形関数あるいは対数でもとの値に戻るにするなどの種々の方式が可能である。ようするに、筋肉疲労の取れ方に合うように関数により近似すれば良い。

【0161】ここでは図35のように可到達範囲の角度

を減少させるような方式で症状を記憶しているが、必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、しびれれば動作の速度が遅くなるように、動作生成の速度に影響を与えるような変数を症状として記憶し、これに基づき、疲労度反映部45が動作生成の速度を減じることとも可能である。

【0162】(第8の実施例)次に、本発明の第8の実施例に係る作業環境評価装置について説明する。

【0163】図40は、本実施例の作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図である。図40に示すように、本実施例の作業環境評価装置は、形状データの入力や視野の切り替えの指示をするための入力部31と、入力部31から入力された形状データや配置を記憶するための作業環境記憶部32と、仮想被験者の形状データや属性を記憶するための仮想被験者記憶部33と、仮想被験者の首などの各関節の可到達範囲を記憶する可到達範囲記憶部34と、各仮想被験者の視野を算出するための視野算出部46と、視野算出部46が算出した視野を表示するための視野表示部47と、視野や作業環境、仮想被験者を描画するための描画部36と、出力部37とから構成されている。

【0164】視野算出部46は、各仮想被験者の視点(図27の点qに相当)と注視点(図27の $(x_2, y_2, z_2)$ に相当)とを結び、視野錐(図27の円錐に相当)に含まれる部分を算出する。その結果を、視野表示部47が表示する。

【0165】例えば、図41のようにエレベータの前に3人の仮想被験者(A、B、C)が待っているときの視野のシミュレーションを例として説明する。図41

(a)は、作業環境全体を示す画面例である。

【0166】ユーザが入力部31より、出力部38上に表示されている仮想被験者Aを直接指示し、仮想被験者Aの視野の表示が指示されたとする。指示は情報管理部38を介して視野算出部46に送られ、視野算出部46が仮想被験者Aの視野を算出する。その結果、仮想被験者Aは身長が低いので、視野算出部46が算出した視野が出力部38に、例えば図41(b)のように表示される。仮想被験者Bがじゃまになって、エレベータの現在の階数表示盤が覆われて見えないことがわかる。図41(a)の代わりに、図41(b)のみが表示されることも、あるいは図41(a)のうえに図41(b)が一部重なるように表示されることも可能である。

【0167】次に同様にして、仮想被験者Bの視野の表示が指示されると、図41(c)のように、仮想被験者Bの視野が表示される。仮想被験者Bは身長が高いので、前に仮想被験者Cがいても、十分、階数表示盤を見ることができるとわかる。

【0168】複数の仮想被験者の視野を同時に表示することも可能である。

【0169】このように、本実施例によれば、作業環境

内の複数の仮想被験者の視点で自由に切り替えて機器配置などを確認できるので、背の低い人が体験する不快感などを事前にチェックし、問題点を除去できる。

【0170】ここで、上記第4～第8の実施例では、仮想被験者の動作内容・操作内容等は、ユーザが入力部から対話的に逐次入力する例を用いて説明を行ったが、本発明はこれに限らず、第1～第3の実施例のように、予め仮想被験者の動作内容・操作内容等のシナリオを設定しておき、このシナリオに沿って、環境評価を行うことも可能である。また、仮想被験者に対して可到達範囲を設定して各環境評価を行ったが、その代わりに環境内の物体の方に可到達範囲を設定して環境評価を行っても良い。

【0171】以上各実施例を用いて説明してきたように、本発明によれば、3次元環境の作成は初期入力にはコストがかかるが、データの再利用が可能なので、実被験者による作業環境評価に比較すると、仮想被験者は非常に安価に、かつ種々の身体条件の被験者を容易に集めて評価できる。かつ子供や車椅子使用者など実被験者を集めた評価が難しい場合も、仮想被験者では非常に容易に対処できる。

【0172】さらに複数人をむりやり押し詰めた環境での評価や長時間かかり非常に疲れる作業の評価など、実被験者に肉体的に無理をしてもらわないといけず、身体管理が困難で、留意が必要な評価も、仮想被験者ではそのような心配なく容易に評価できる点、非常に効果がある。

【0173】また、本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0174】

【発明の効果】本発明によれば、作業者及び作業環境に係る条件を適切に与えられることから、作業環境を定量的に評価することができる、という効果を奏する。

【0175】すなわち、本発明(請求項1)の作業環境評価装置によれば、作業環境内の物体および作業者に関するデータから、手順入力手段より入力された手順に従って、作業者の動作を求め、これを逐次提示手段に提示するので、作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手順を変更させた場合、それぞれに対して動作算出手順により算出された動作を計数することにより、種々の代替案の優劣を容易に比較することができる。

【0176】本発明(請求項2)の作業環境評価装置によれば、作業者の視野に作業環境内の物体があるか否かを干渉判定手段により判定し、注視点を遮る物体を判定し、どの物体が作業手順、身体計測値に対して、どのくらい遮っているかを計数する干渉計数手段を有し、その結果を提示するので、作業者の身体計測値を変化させた場合、作業環境内の物体の配置を変更した場合、作業手

順を変更させた場合、それぞれに対して、どの物体が作業環境を悪化させているかを一目で容易に比較することができる。

【0177】本発明（請求項3）の作業環境評価装置によれば、作業環境内の物体、仮想被験者に関するデータを持つとともに、および仮想被験者の手や足などの各部位の可到達範囲を持ち、その可到達範囲を個々の作業環境に対して表示することにより、操作対象に仮想被験者が手や足などが届くかを容易に確認できる。また、作業環境内の機器の配置を変更した場合でも、仮想被験者の身長を変更した（子供にしたり、車椅子使用者にしたり）場合でも、容易に確認できる。

【0178】本発明（請求項6）の作業環境評価装置によれば、動作種別毎の頻度と継続時間に応じた疲労データと動作計測手段により計測された動作に基づいて、仮想被験者の疲労度を算出し、これを反映させるように動作生成を行い、その結果を提示手段に提示するので、作業環境内の機器の位置の変更により生じる動作の違いに基づいて、疲労度の違いを推測することができる。これによって、眼性疲労、腰痛対策など機器配置や機器使用により問題なる種々の疲労問題に事前に対処することができる。

【0179】本発明（請求項8）の作業環境評価装置によれば、個々の仮想被験者の視点での視野を表示するとともに、視点を作業環境内の複数の仮想被験者の個々のものに切り替えて機器配置などを確認できるので、複数人の仮想被験者が同一の環境にいるときにそれぞれの身体条件に応じた視点（見え方）の違いを容易に明確に把握することができる。これによって、例えば背の低い人が体験する不快感などを事前にチェックし、評価対象となる作業環境の問題点を容易に除去できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図2】同実施例の作業環境記憶部に記憶される3次元物体の記憶形式の一例を示す図

【図3】同実施例の作業手順記憶部に記憶される作業手順の記憶形式の一例を示す図

【図4】同実施例の作業手順記憶部に記憶される作業手順の記憶形式の一例を示す図

【図5】同実施例の動作記憶変数を説明するための図

【図6】同実施例の動作算出部における処理手順を説明するためのフローチャート

【図7】同実施例の視野算出部における処理手順を説明するためのフローチャート

【図8】同実施例の視野算出部が使用する視野データを説明するための図

【図9】同実施例の画面例を示す図

【図10】同実施例の他の画面例を示す図

【図11】本発明の第2の実施例に係る作業環境評価装

置の概略構成を示すブロック図

【図12】同実施例の動作算出部における処理手順を説明するためのフローチャート

【図13】同実施例の画面例を示す図

【図14】本発明の第3の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図15】同実施例における動作例を示す図

【図16】同実施例における動作例を示す図

【図17】同実施例における動作例を示す図

【図18】同実施例における動作例を示す図

【図19】同実施例における動作例を示す図

【図20】視野判定を説明するための図

【図21】本発明の第4の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図22】同実施例の作業環境記憶部における3次元物体の記憶例を示す図

【図23】同実施例の可到達範囲記憶部における到達範囲の記憶例を示す図

【図24】同実施例の可到達範囲の部位と角度の関係図

【図25】同実施例の出力部での可到達範囲の表示の一例を示す図

【図26】可到達範囲判定の処理手順を説明するためのフローチャート

【図27】可到達範囲と操作対象の関係図

【図28】同実施例の包含判定部の手順を説明するためのフローチャート

【図29】本発明の第5の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図30】同実施例における操作範囲の記憶例

【図31】同実施例における3次元物体と操作範囲の記憶例を示す図

【図32】本発明の第6の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図33】同実施例の作業指示記憶部の記憶例を示す図

【図34】同実施例の動作生成部の処理手順を説明するためのフローチャート

【図35】同実施例の疲労データ記憶部の記憶例を示す図

【図36】同実施例の動作計測部の計測結果例を示す

【図37】同実施例の疲労度算出部の処理手順を説明するためのフローチャート

【図38】同実施例の疲労度反映部の処理手順を説明するためのフローチャートの流れ図

【図39】本発明の第7の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図40】本発明の第8の実施例に係る作業環境評価装置の概略構成を示すブロック図

【図41】同実施例の画面例を示す図

【符号の説明】

1…情報管理部

3…入力部

31

5…作業環境記憶部  
順記憶部  
9…動作限界記憶部  
出部  
13…視野算出部  
17…干涉判定部  
数部  
21…動作計数部  
示部  
31…入力部  
境記憶部  
33…仮想被験者記憶部  
範囲記憶部

7…作業手

11…動作算

15…提示部

19…干涉計

23…動作提

32…作業環

34…可到達

35…包含判定記憶部

37…出力部

理部

39…操作範囲記憶部

順記憶部

41…動作生成部

測部

43…疲労度算出部

…タ記憶部

10 45…疲労度反映部

出部

47…視野表示部

32

36…描画部

38…情報管

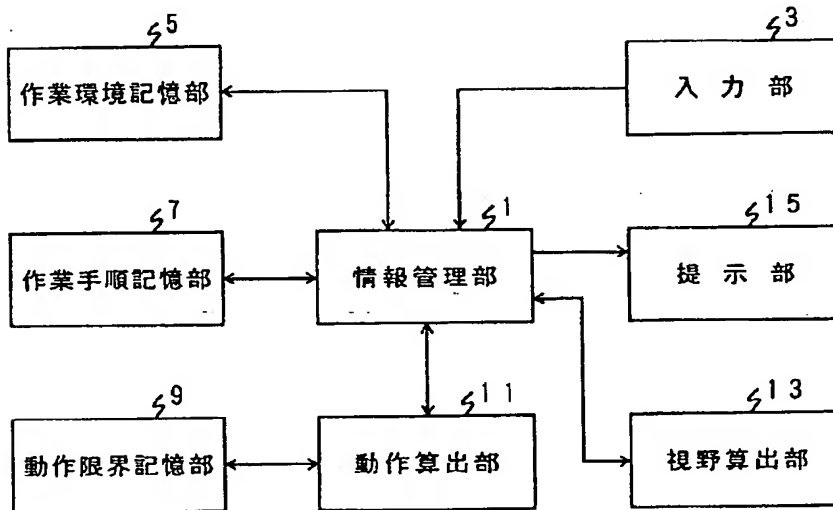
40…作業手

42…動作計

44…疲労テ

46…視野算

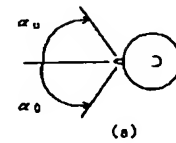
【図1】



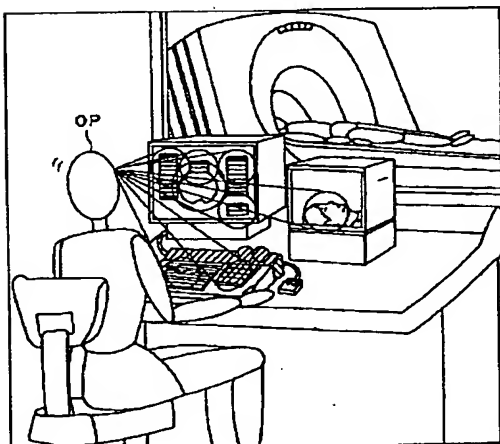
【図3】

手順	注視点
1	モニタA
2	患者
3	入力パネル
4	モニタB

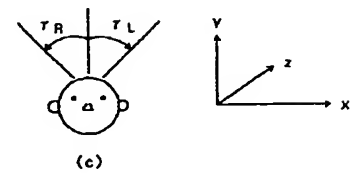
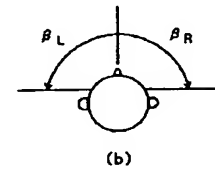
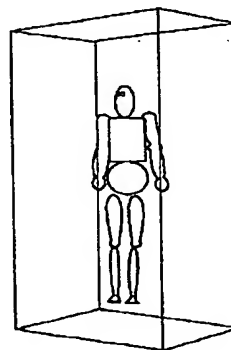
【図5】



【図9】



【図15】



【図2】

物 体	中 心 座 標	バウンディングボックス	形状データへのポイント
モニタA	$(x_0, y_0, z_0)$	$(x_{01}, y_{01}, z_{01})$ $(x_{02}, y_{02}, z_{02})$ $(x_{03}, y_{03}, z_{03})$ $(x_{04}, y_{04}, z_{04})$ $(x_{05}, y_{05}, z_{05})$ $(x_{06}, y_{06}, z_{06})$ $(x_{07}, y_{07}, z_{07})$ $(x_{08}, y_{08}, z_{08})$	$P_0$
モニタB	$(x_1, y_1, z_1)$	$(x_{11}, y_{11}, z_{11})$ $(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ $(x_{13}, y_{13}, z_{13})$ $(x_{14}, y_{14}, z_{14})$ $(x_{15}, y_{15}, z_{15})$ $(x_{16}, y_{16}, z_{16})$ $(x_{17}, y_{17}, z_{17})$ $(x_{18}, y_{18}, z_{18})$	$P_1$
入力パネル	$(x_2, y_2, z_2)$	$(x_{21}, y_{21}, z_{21})$ $(x_{22}, y_{22}, z_{22})$ $(x_{23}, y_{23}, z_{23})$ $(x_{24}, y_{24}, z_{24})$ $(x_{25}, y_{25}, z_{25})$ $(x_{26}, y_{26}, z_{26})$ $(x_{27}, y_{27}, z_{27})$ $(x_{28}, y_{28}, z_{28})$	$P_2$
患 者	$(x_3, y_3, z_3)$	$(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ $(x_{32}, y_{32}, z_{32})$ $(x_{33}, y_{33}, z_{33})$ $(x_{34}, y_{34}, z_{34})$	$P_3$

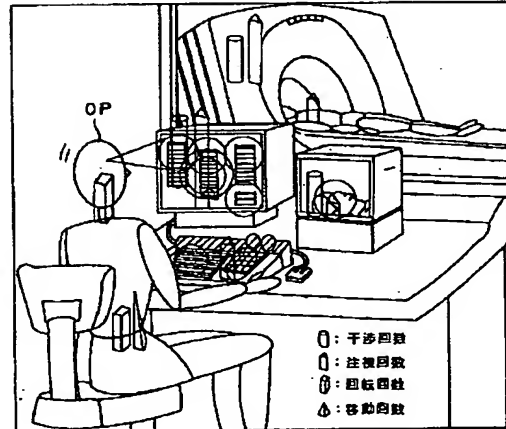
【図 7】

```

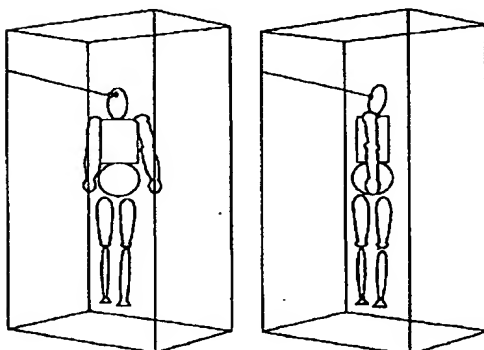
graph TD
    A([視野提示]) --> B[視点位置、読み出し  
Xe, Ye, Ze]
    B --> C[注視点読み出し  
X, Y, Z]
    C --> D[視野コーン提示]
    D --> E([エンド])
    B -.- S21[S21]
    C -.- S23[S23]
    D -.- S25[S25]

```

【图 13】

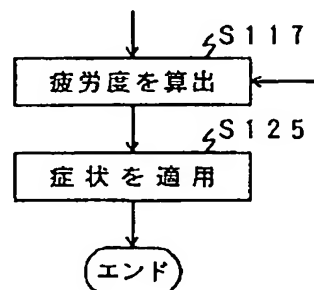


【图 17】

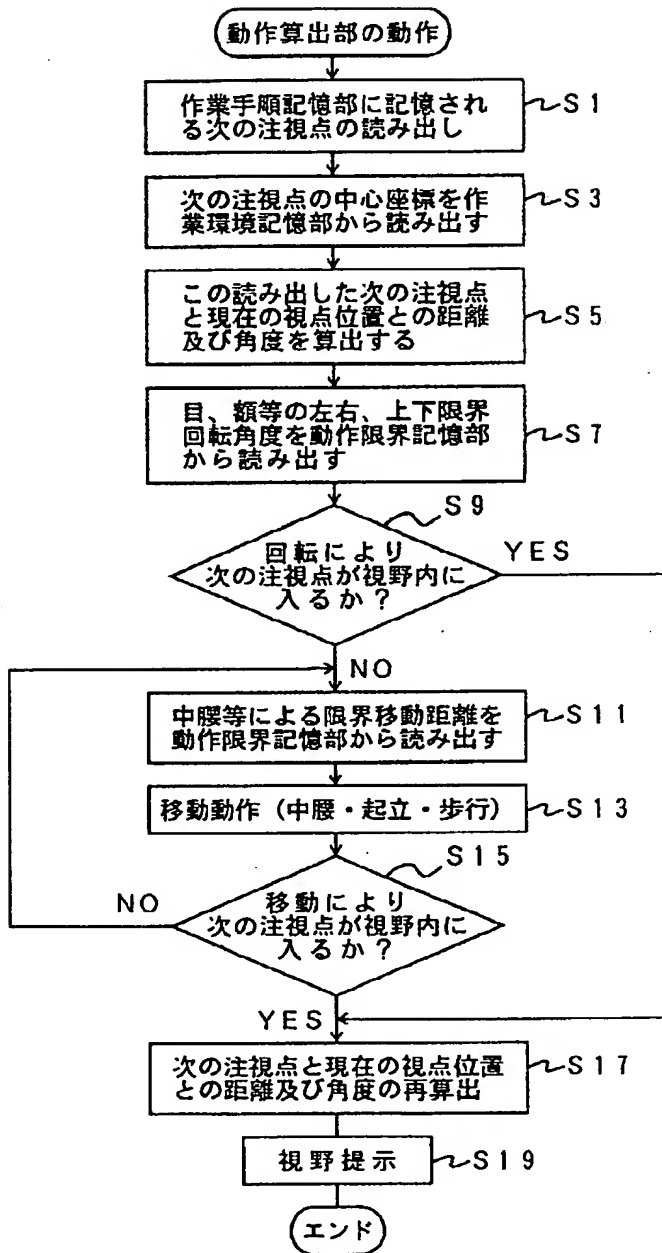


【图 3 8】

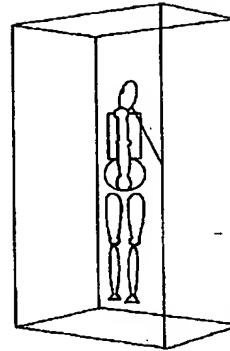
手 順	注 視 点	操 作 点
1	モニタ A	キーボード
2	ボ タ ン	キーボード
3	入力パネル	キーボード
4	モニタ B	キーボード



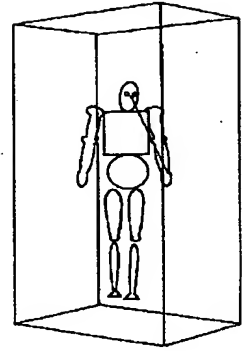
【図 6】



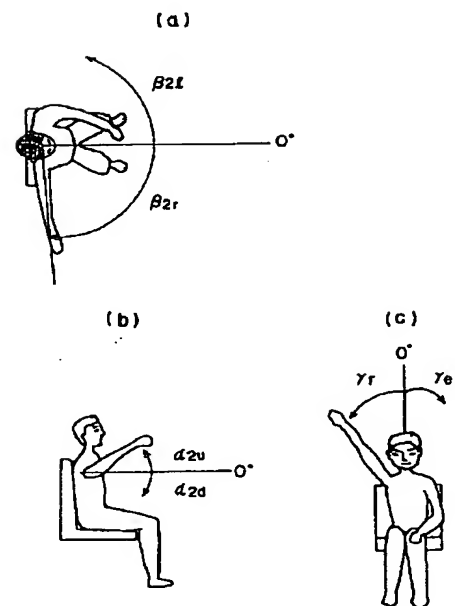
【図 18】



【図 19】

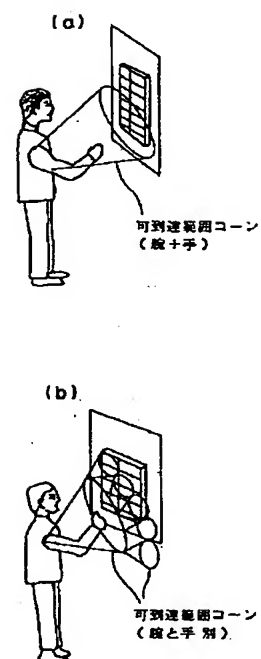


【図 24】

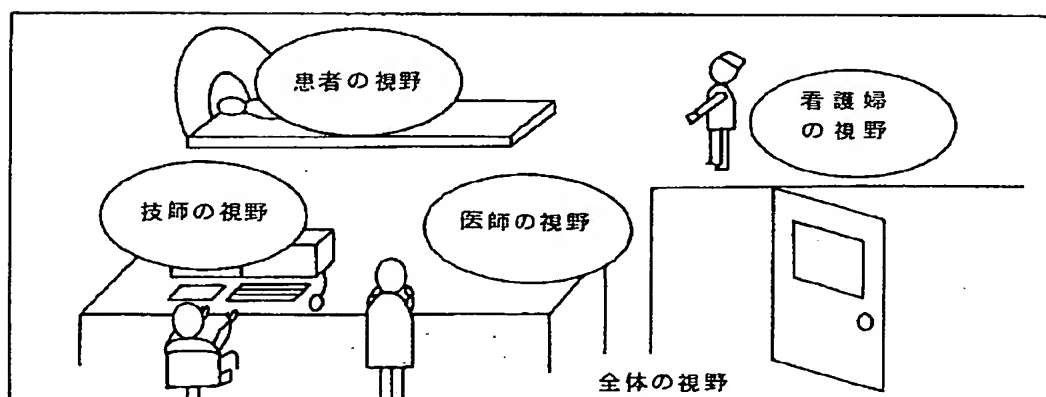




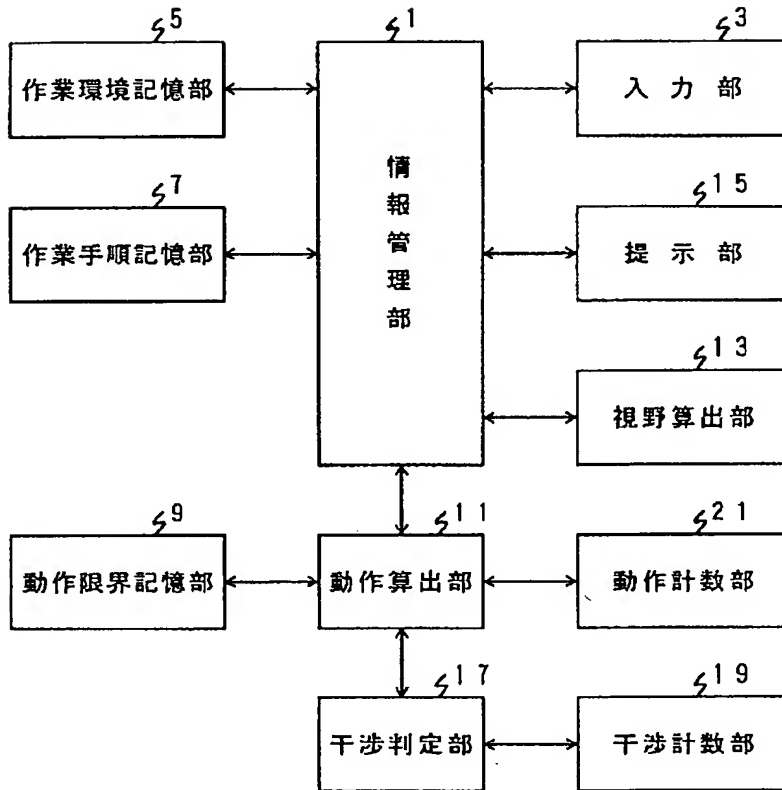
【图 2-5】



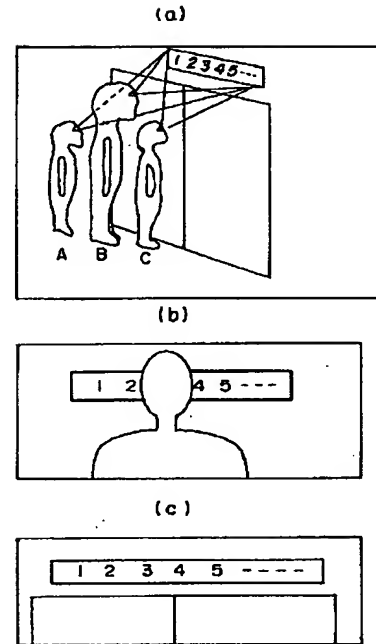
【图 10】



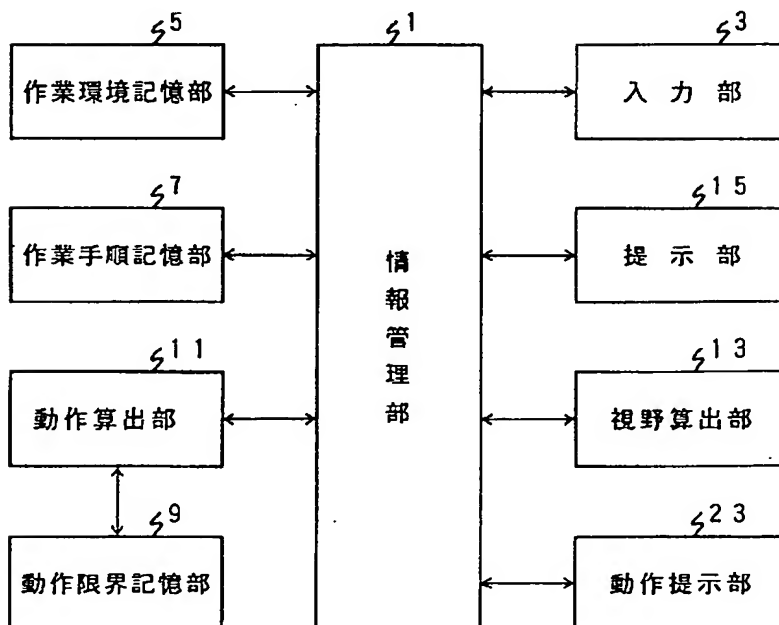
【図11】



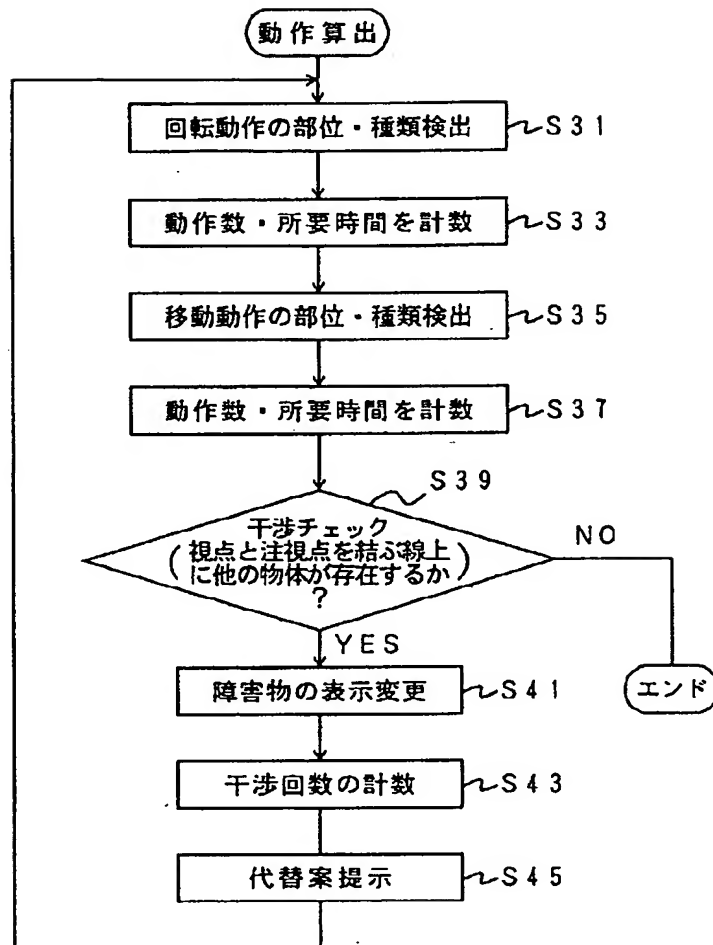
【図41】



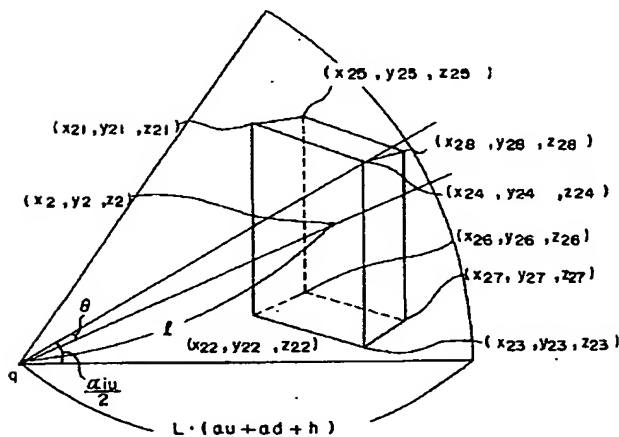
【図14】



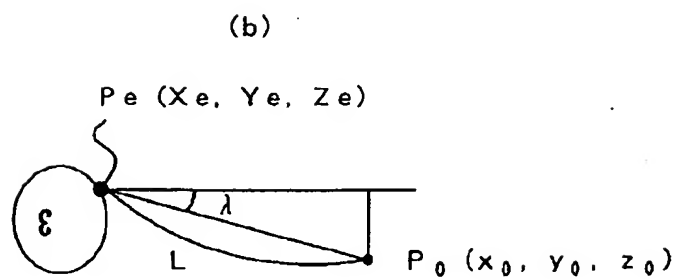
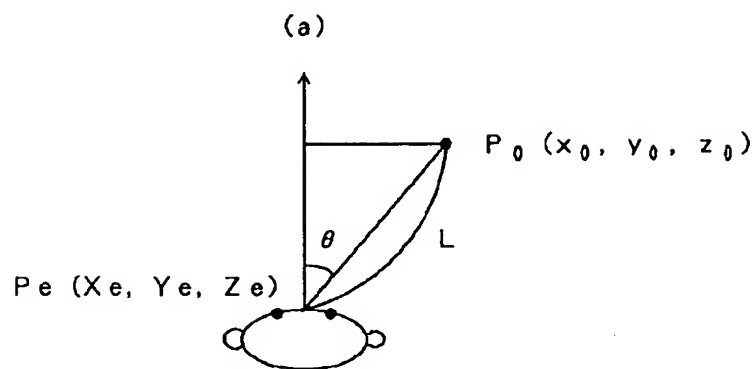
【図12】



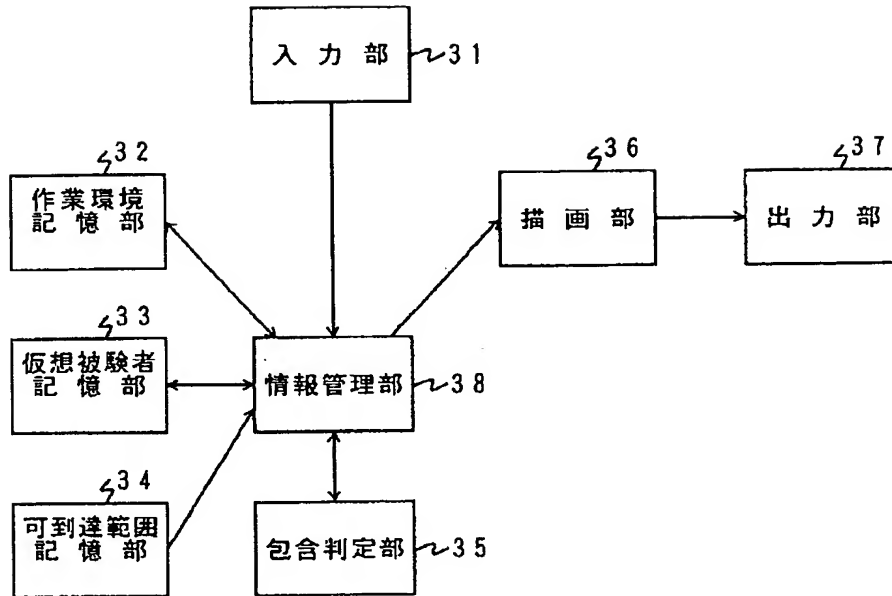
【図27】



【図20】



【図21】



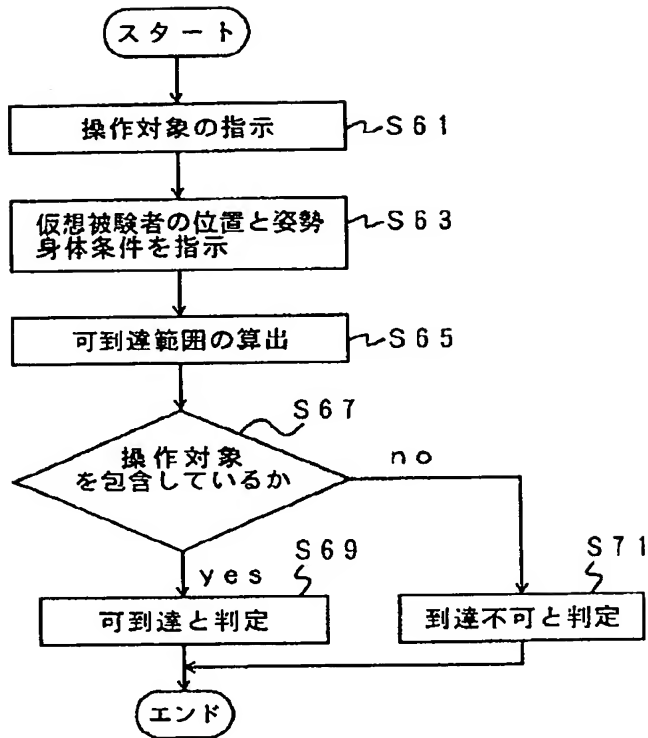
【図23】

	姿勢	到達角度					
		X軸上	X軸下	Y軸左	Y軸右	Z軸左	Z軸右
肩	立位	$\alpha_{1u}$	$\alpha_{1d}$	$\beta_{1l}$	$\beta_{1r}$	$\gamma_{1l}$	$\gamma_{1r}$
	座位	$\alpha_{2u}$	$\alpha_{2d}$	$\beta_{2l}$	$\beta_{2r}$	$\gamma_{2l}$	$\gamma_{2r}$
ひじ	Null	$\alpha_{3u}$	$\alpha_{3d}$	$\beta_{3l}$	$\beta_{3r}$	$\gamma_{3l}$	$\gamma_{3r}$
	〽	〽	〽	〽	〽	〽	〽
手首	Null	$\delta_u$	$\delta_d$	$\varepsilon_l$	$\varepsilon_r$	$\phi_l$	$\phi_r$
〽	〽	〽	〽	〽	〽	〽	〽

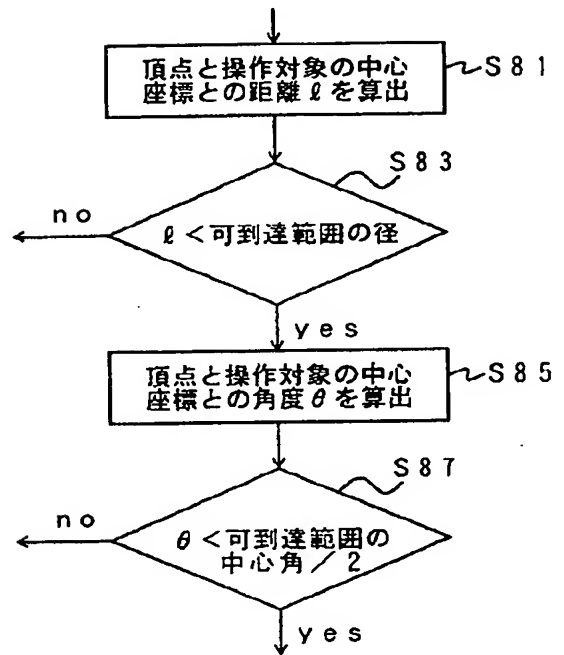
【図22】

物 体	中 心 座 標	バウンディングボックス	形状データへのポイント
モニタA	$(x_0, y_0, z_0)$	$(x_{01}, y_{01}, z_{01})$ $(x_{02}, y_{02}, z_{02})$ $(x_{03}, y_{03}, z_{03})$ $(x_{04}, y_{04}, z_{04})$ $(x_{05}, y_{05}, z_{05})$ $(x_{06}, y_{06}, z_{06})$ $(x_{07}, y_{07}, z_{07})$ $(x_{08}, y_{08}, z_{08})$	$P_0$
モニタB	$(x_1, y_1, z_1)$	$(x_{11}, y_{11}, z_{11})$ $(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ $(x_{13}, y_{13}, z_{13})$ $(x_{14}, y_{14}, z_{14})$ $(x_{15}, y_{15}, z_{15})$ $(x_{16}, y_{16}, z_{16})$ $(x_{17}, y_{17}, z_{17})$ $(x_{18}, y_{18}, z_{18})$	$P_1$
入力パネル	$(x_2, y_2, z_2)$	$(x_{21}, y_{21}, z_{21})$ $(x_{22}, y_{22}, z_{22})$ $(x_{23}, y_{23}, z_{23})$ $(x_{24}, y_{24}, z_{24})$ $(x_{25}, y_{25}, z_{25})$ $(x_{26}, y_{26}, z_{26})$ $(x_{27}, y_{27}, z_{27})$ $(x_{28}, y_{28}, z_{28})$	$P_2$
ボタン	$(x_3, y_3, z_3)$	$(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ $(x_{32}, y_{32}, z_{32})$ $(x_{33}, y_{33}, z_{33})$ $(x_{34}, y_{34}, z_{34})$	$P_3$

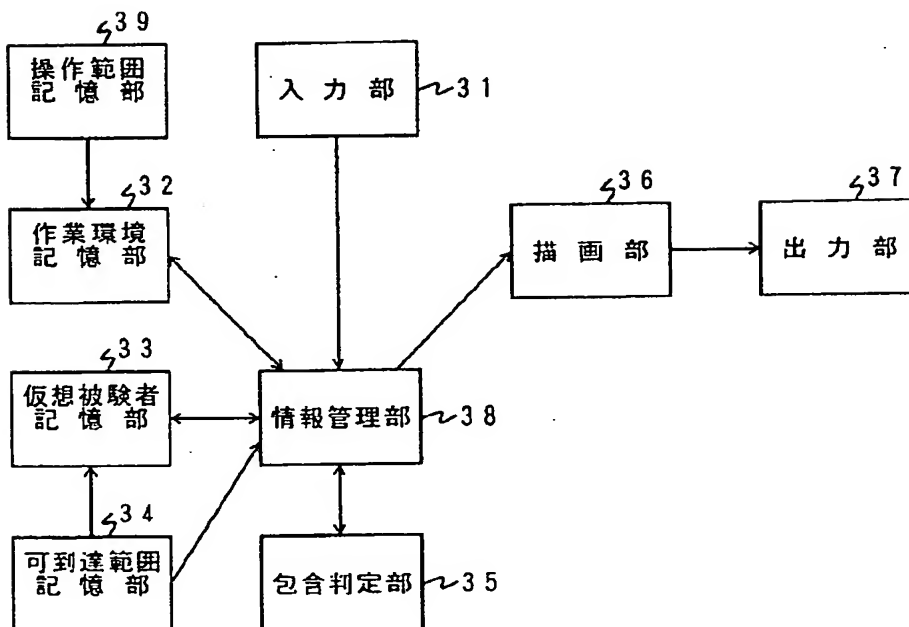
【図26】



【図28】



【図29】



【図30】

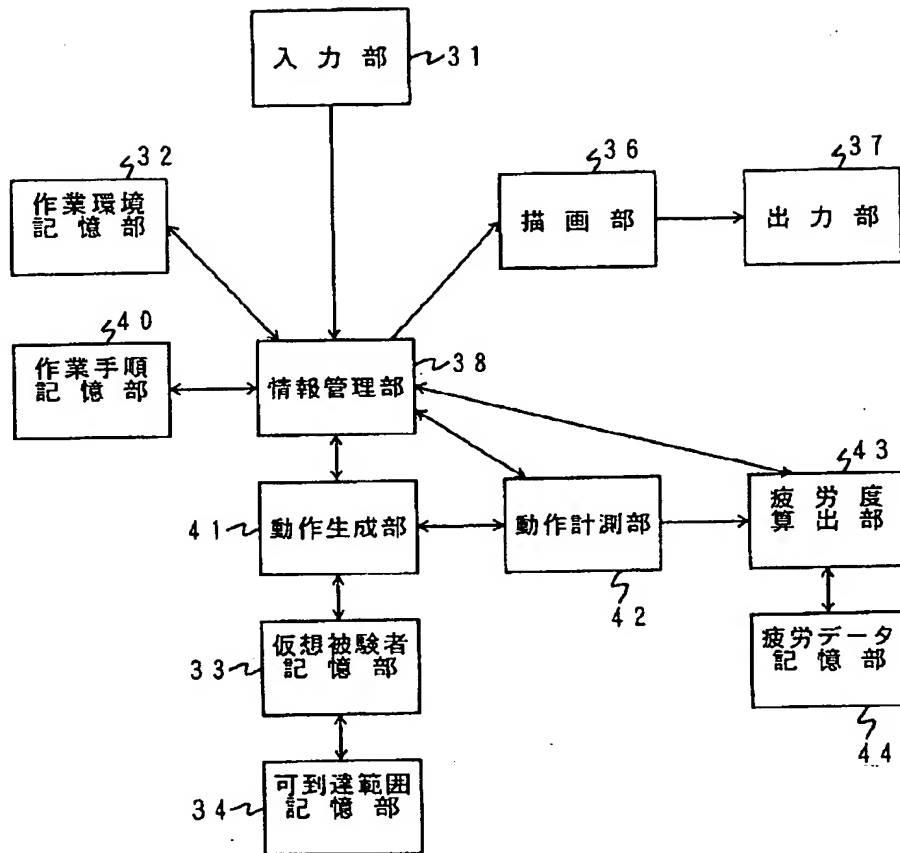
物 体	操作中心座標	操 作 範 囲	操作面ベクトル
モニタA	$(x_0, y_0, z_0)$	$(x_{01}, y_{01}, z_{01})$ $(x_{02}, y_{02}, z_{02})$ $(x_{03}, y_{03}, z_{03})$ $(x_{04}, y_{04}, z_{04})$ $(x_{05}, y_{05}, z_{05})$ $(x_{06}, y_{06}, z_{06})$ $(x_{07}, y_{07}, z_{07})$ $(x_{08}, y_{08}, z_{08})$	$(N_{x0}, N_{y0}, N_{z0})$
モニタB	$(x_1, y_1, z_1)$	$(x_{11}, y_{11}, z_{11})$ $(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ $(x_{13}, y_{13}, z_{13})$ $(x_{14}, y_{14}, z_{14})$ $(x_{15}, y_{15}, z_{15})$ $(x_{16}, y_{16}, z_{16})$ $(x_{17}, y_{17}, z_{17})$ $(x_{18}, y_{18}, z_{18})$	$(N_{x1}, N_{y1}, N_{z1})$
入力パネル	$(x_2, y_2, z_2)$	$(x_{21}, y_{21}, z_{21})$ $(x_{22}, y_{22}, z_{22})$ $(x_{23}, y_{23}, z_{23})$ $(x_{24}, y_{24}, z_{24})$ $(x_{25}, y_{25}, z_{25})$ $(x_{26}, y_{26}, z_{26})$ $(x_{27}, y_{27}, z_{27})$ $(x_{28}, y_{28}, z_{28})$	$(N_{x2}, N_{y2}, N_{z2})$
ボタン	$(x_3, y_3, z_3)$	$(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ $(x_{32}, y_{32}, z_{32})$ $(x_{33}, y_{33}, z_{33})$ $(x_{34}, y_{34}, z_{34})$	$(N_{x3}, N_{y3}, N_{z3})$



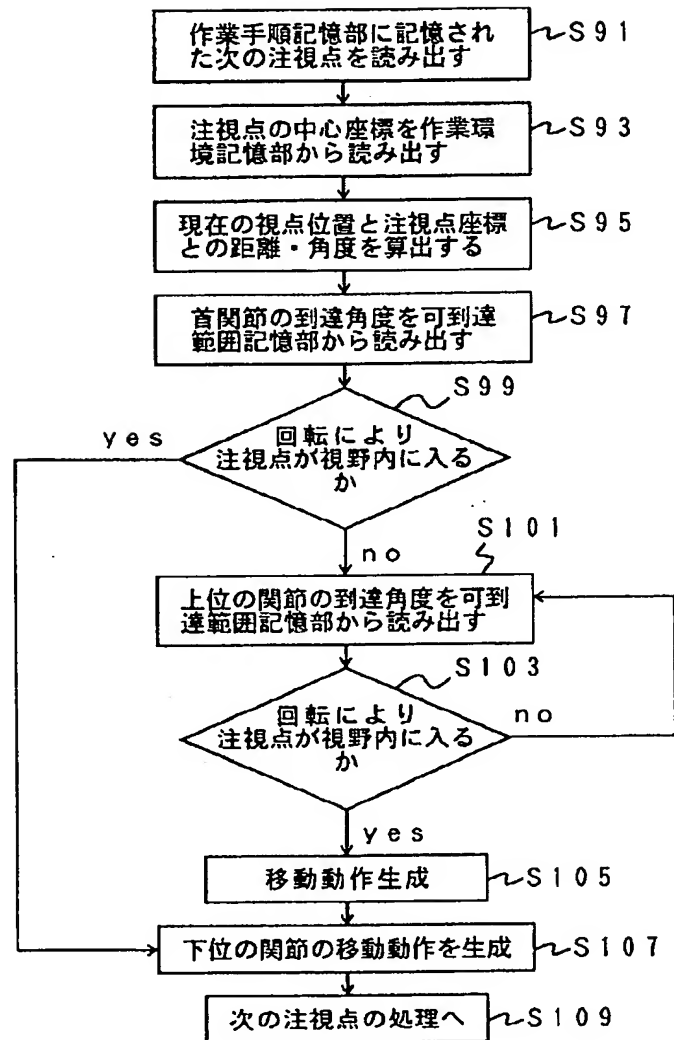
【図31】

物 体	中 心 座 標	バウンディングボックス	形状データ へのリンク	操作中心座標	操 作 範 囲	操作面ベクトル
モニタA	$(x_0, y_0, z_0)$	$(x_{01}, y_{01}, z_{01})$ $(x_{02}, y_{02}, z_{02})$ $(x_{03}, y_{03}, z_{03})$ $(x_{04}, y_{04}, z_{04})$ $(x_{05}, y_{05}, z_{05})$ $(x_{06}, y_{06}, z_{06})$ $(x_{07}, y_{07}, z_{07})$ $(x_{08}, y_{08}, z_{08})$	$P_0$	$(x_0, y_0, z_0)$	$(x_{01}, y_{01}, z_{01})$ $(x_{02}, y_{02}, z_{02})$ $(x_{03}, y_{03}, z_{03})$ $(x_{04}, y_{04}, z_{04})$ $(x_{05}, y_{05}, z_{05})$ $(x_{06}, y_{06}, z_{06})$ $(x_{07}, y_{07}, z_{07})$ $(x_{08}, y_{08}, z_{08})$	$(N_{x0}, N_{y0}, N_{z0})$
モニタB	$(x_1, y_1, z_1)$	$(x_{11}, y_{11}, z_{11})$ $(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ $(x_{13}, y_{13}, z_{13})$ $(x_{14}, y_{14}, z_{14})$ $(x_{15}, y_{15}, z_{15})$ $(x_{16}, y_{16}, z_{16})$ $(x_{17}, y_{17}, z_{17})$ $(x_{18}, y_{18}, z_{18})$	$P_1$	$(x_1, y_1, z_1)$	$(x_{11}, y_{11}, z_{11})$ $(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ $(x_{13}, y_{13}, z_{13})$ $(x_{14}, y_{14}, z_{14})$ $(x_{15}, y_{15}, z_{15})$ $(x_{16}, y_{16}, z_{16})$ $(x_{17}, y_{17}, z_{17})$ $(x_{18}, y_{18}, z_{18})$	$(N_{x1}, N_{y1}, N_{z1})$
入 力 パネル	$(x_2, y_2, z_2)$	$(x_{21}, y_{21}, z_{21})$ $(x_{22}, y_{22}, z_{22})$ $(x_{23}, y_{23}, z_{23})$ $(x_{24}, y_{24}, z_{24})$ $(x_{25}, y_{25}, z_{25})$ $(x_{26}, y_{26}, z_{26})$ $(x_{27}, y_{27}, z_{27})$ $(x_{28}, y_{28}, z_{28})$	$P_2$	$(x_2, y_2, z_2)$	$(x_{21}, y_{21}, z_{21})$ $(x_{22}, y_{22}, z_{22})$ $(x_{23}, y_{23}, z_{23})$ $(x_{24}, y_{24}, z_{24})$ $(x_{25}, y_{25}, z_{25})$ $(x_{26}, y_{26}, z_{26})$ $(x_{27}, y_{27}, z_{27})$ $(x_{28}, y_{28}, z_{28})$	$(N_{x2}, N_{y2}, N_{z2})$
ボタン	$(x_3, y_3, z_3)$	$(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ $(x_{32}, y_{32}, z_{32})$ $(x_{33}, y_{33}, z_{33})$ $(x_{34}, y_{34}, z_{34})$	$P_3$	$(x_3, y_3, z_3)$	$(x_{31}, y_{31}, z_{31})$ $(x_{32}, y_{32}, z_{32})$ $(x_{33}, y_{33}, z_{33})$ $(x_{34}, y_{34}, z_{34})$	$(N_{x3}, N_{y3}, N_{z3})$

【図32】



【図34】



【図35】

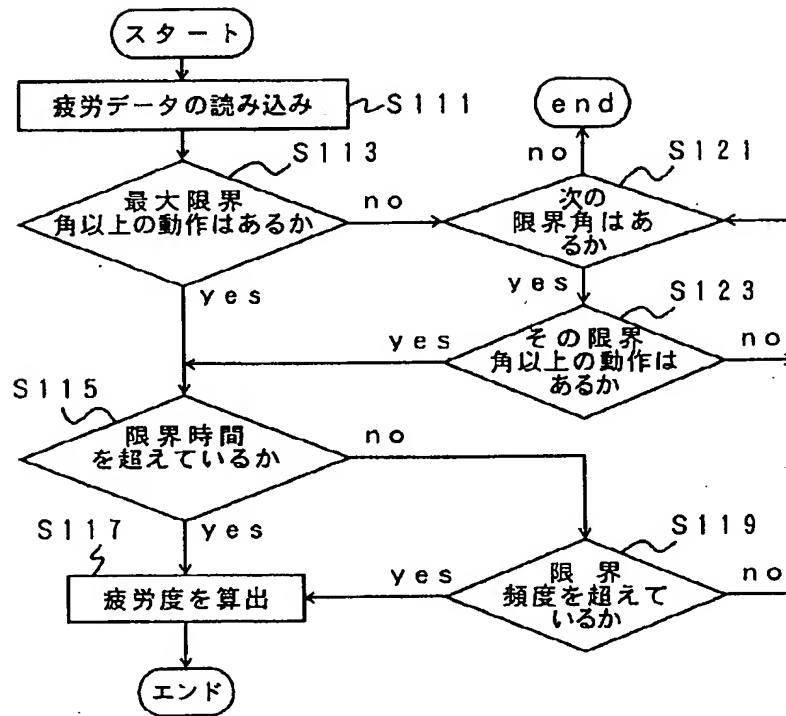
関 節	角 度	限界時間 分	限界頻度	疲労度	症 状	
腰 (座位)	X軸下 $f_1$	$t_1$	$n_1$	2	到達角度 $-\phi_1$	しびれ
	X軸下 $f_2$	$t_2$	$n_2$	4	No active.	痛 み
	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	
ひ ざ (立位)	X軸下0	$t_3$	$n_3$	1	到達角度 $-\phi_3$	しびれ
	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	
	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	$\curvearrowright$	

【図36】

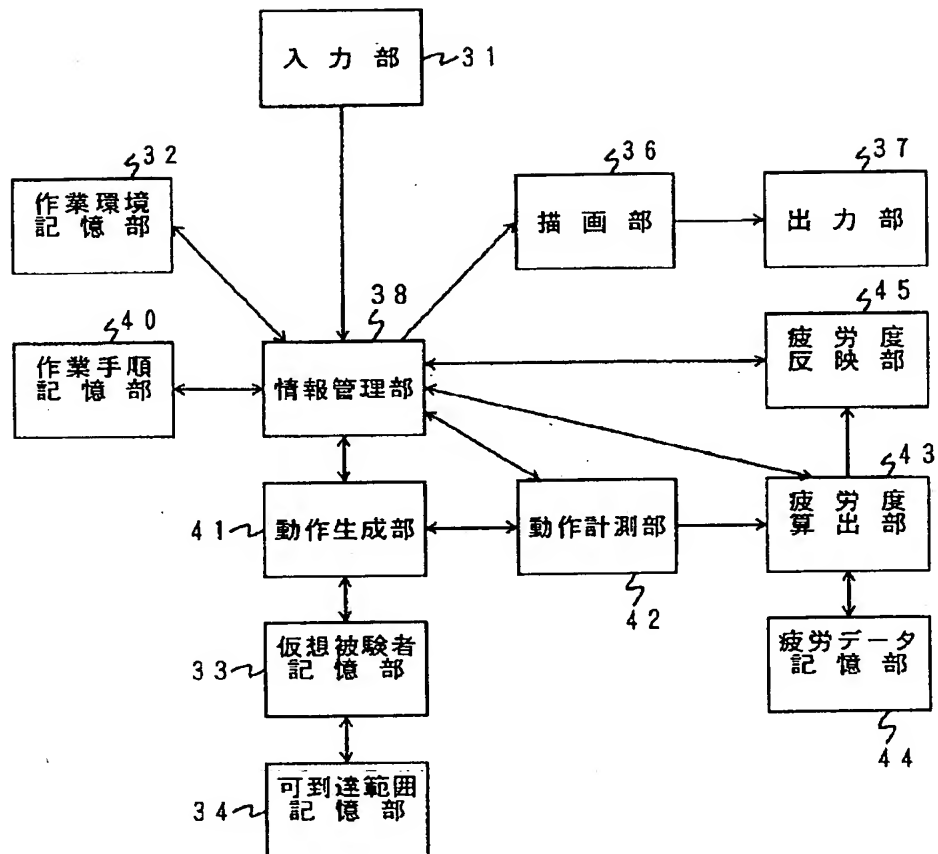
身長  $l$  cm, いす  $h$  cm (座位)

部位 \ 回転角	$< f_1$		$f_1 \sim f_2$		$f_2 >$	
	分	回	分	回	分	回
腰	15	8	5	6	0.5	3
ひざ	0		$< f_3$		$f_4 >$	
	0	0	0	0	20	0
	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

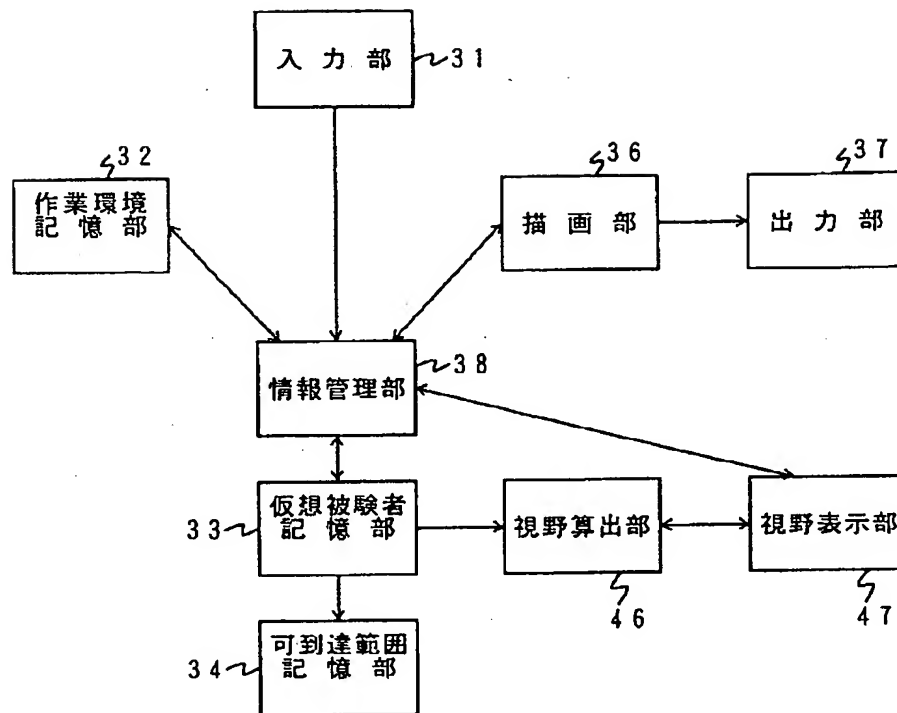
【図3-7】



【図39】



【図40】



フロントページの続き

(72) 発明者 加藤 伸子  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 松田 敬吾  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 原島 高広  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内